Dr.ing. AURELIAN CONSTANTINESCU

OȚELURI PENTRU SCULE

- MARCI SI DOMENII DE UTILIZARE -

OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARA PENTRU APROVIZIONAREA TEHNICO-MATERIALA SI CONTROLUL GOSPODARIRII FONDURILOR FIXE

BUCURESTI, 1984

Scanned with OKEN Scanner

PREFATA

PREFATA 7

CAP. 1 INTRODUCERE 7

1.1. Raţionalizare, tipizare, standardizare 13
1.2. Cerinţe şi caracterizare generală a oţelurilor de scule 15
1.3. Proprietăţile de întrebuinţare şi tehnologice ale oţelurilor de scule 17
1.4. Clasificarea oţelurilor de scule 19
1.5. Criterii de alegere 22
1.6. Progrese în realizarea unor oţeluri de scule de calitate superioară 24

CAP. 2 PRINCIPALELE FAMILII DE OTELURI DE SCULE 24

2.1. Oţelurile carbon de scule 25
2.2. Oţelurile aliate de scule 25
2.3. Oţelurile rapide pentru scule .....
2.4. Nomenclatorul mărcilor de oţel pentru scule tipizate în România şi corespondenţa lor cu cele produse în alte ţări 40

CAP. 3 UZURA SI DISTRUGEREA SCULELOR 47

3.1. Examinarea rupturilor 47
3.2. Examinarea cauzelor distrugerii sculelor..... 47
3.3. Recomandări generale 62

CAP. 4 PROPRIETATILE DE INTREBUINTARE SI TEHNOLOGICE.. ALE OTELURILOR DE SCULE 64

4.1. Oţelurile carbon de scule 64
4.2. Oţelurile aliate de scule 78
4.3. Oţelurile rapide de scule 120

CAP. 5 RECOMANDARI FINALE 148

REFERINŢE BIBLIOGRAFICE 152

Scanned with OKEN Scanner

PREFATA

Acest îndrumar îşi propune să pună la dispoziţia inginerilor şi tehnicienilor, care lucrează în atelierele prelucrătoare de metal, ca şi a celor care proiectează scule sau dispozitive de prelucrare, informaţiile ce le sînt necesare pentru o utilizare raţională a mărcilor de oţel tipizate la noi în ţară.

In completarea datelor şi informaţiilor prezentate în acest îndrumar este necesar să se consulte şi publicaţiile de specialitate, avînd în vedere marea diversitate a condiţiilor de întrebuinţare, în care sînt puse să lucreze oţelurile de scule, diversitate care, în mod logic, a atras după sine dezvoltarea unui număr relativ mare de mărci de oţel pentru aceste utilizări.

Prin funcţionalitatea lor, sculele se deosebesc fundamental de toate celelalte produse concepute de ingineri. Intr-adevăr alegerea unei anumite scule nu este determinată de preţul oţelului folosit şi nici chiar de cel al sculei, ci mai degrabă de economia globală a întregii faze de fabricaţie căreia îi este asociată scula în cauză. Acest lucru explică de ce durabilitatea devine, în cazul sculelor, proprietatea fundamentală şi de ce totul (calitatea materialului, geometria sculei, acurateţea execuţiei, eficacitatea tratamentelor termice aplicate) se subordonează asigurării acesteia la nivelul maxim.

In aceste condiţii, mai mult decît în cazul oricărei alte categorii de oţel, o cooperare tehnică între utilizatorul şi producătorul de oţel de scule, la care de cele mai multe ori se asociază şi cel ce produce scula, se dovedeşte întotdeauna utilă şi adesea indispensabilă.

AUTORUL

CAPITOLUL I

I N T R O D U C E R E

1.1. Raţionalizare, tipizare, standardizare

Parcurgem o perioadă dificilă pe plan mondial, marcată de criza energetică şi a materiilor prime. Efectele acestei crize au scos pregnant în evidenţă situaţia avantajoasă în care se găsesc ţările ce deţin asemenea resurse şi la ce presiuni sînt supuse celelalte ţări, care, pentru a-şi asigura dezvoltarea economico-socială trebuie să facă dovada unei imaginaţii fecunde şi a unor cunoştinţe aprofundate.

Ţara noastră, neavînd şansa de a beneficia de un subsol bogat în substanţe energetice şi minerale, este supusă unei ameninţări latente, care apasă asupra unora dintre aprovizionările noastre. Pînă în prezent, criza petrolului şi a materiilor prime a avut drept consecinţă majoră o diminuare generalizată a producţiei industriale în toate ţările dezvoltate, ceea ce a determinat o moderare a cererii mondiale de substanţe minerale specifice industriilor metalurgice şi petrochimice şi a permis o oarecare limitare a preţurilor materiilor prime necesare acestor industrii. Este suficientă, însă, o relansare cît de modestă a activităţii în ţările dezvoltate pentru a determina pe piaţa mondială a materiilor prime şi energetice o creştere rapidă şi substanţială a cererii, ceea ce ar crea serioase dificultăţi de ordin tehnic şi, mai ales, economic în direcţia asigurării economiei naţionale cu materiile prime care îi sînt necesare. Acest lucru constituie un element hotărîtor în ceea ce priveşte necesitatea de a fundamenta alegerea materialelor şi pe criterii economice. In acest scop, este necesar ca inginerii proiectanţi să facă apel nu numai la cunoştinţele lor tehnice, cum se obişnuieşte de regulă, ci şi la cunoştinţe economice, urmînd să-şi bazeze deciziile referitoare la alegerea materialelor şi pe analizarea structurii preţurilor acestora, pentru a putea izola cota ce trebuie plătită în devize convertibile.

Această obligaţie este realmente posibil de îndeplinit, deoarece în preţul unei piese componente de maşini se pot izola costurile pentru materiile prime şi energia necesară pentru elaborarea metalului de cele pentru fasonarea lui. Este lipsit de sens să se economi -

ibile la achiziţionarea materiilor prime, dacă în
sînt apoi necesare cheltuieli importante de e-
ţine piesa sau produsul finit. Este clar că
minueze cantitatea totală de devize converti -
ealiza o piesă sau un produs dat.
ea impun o mai mare atenţie în ceea ce pri-
ionalizare şi standardizare, factori deosebit de
vedere al productivităţii, eficienţei şi al pro-

onducerea partidului şi statului nostru a acordat şi acor-
e atenţie acestor probleme, raţionalizarea şi tipizarea fiind considerate ca mijloace chele de ordonare şi disciplinare a proceselor de producţie şi consum, ca elemente fundamentale ale normării ştiinţifice a consumurilor de materii prime şi materiale. In acest domeniu, acum patru ani, începutul a fost făcut cu tipizarea mărcilor şi produselor din oţel prin Decretul 99/1980 al Consiliului de Stat, după care a urmat tipizarea materialelor de construcţii şi a construcţiilor şi, apoi, a celorlalte materii prime, materiale şi produse.

Cît de necesară şi oportună era această decizie o demonstrează concluziile unei vaste anchete, efectuată anterior tipizării, cu scopul de a fundamenta posibilităţile de a restrînge numărul mărcilor de oţel utilizate în economie; în rîndul a peste 50 de mari întreprinderi consumatoare de maşini de diferite profiluri, atît producătoare de maşini de serie, cît şi de utilaje tehnologice unicat, s-au urmărit cu această ocazie nu numai mărcile de oţel folosite, ci şi cantităţile consumate anual din fiecare marcă şi sortiment dimensional.

Examinarea, în cursul anului 1978, a datelor obţinute prin această anchetă, a confirmat faptul că produsele din oţel erau consumate în cantităţi foarte diversificate şi, în consecinţă, în cantităţi dispersate, ceea ce făcea ca peste 400 mărci diferite de oţel, adesea foarte apropiate ca proprietăţi şi compoziţie chimică, să fie utilizate de către întreprinderile noastre prelucrătoare de metal. Aceste mărci de oţel se repartizau în 105 mărci de oţel nealiat şi 307 mărci de oţel aliat, inoxidabil, refractar şi de scule, din care 42% nu erau cuprinse în standardele noastre de stat, ele corespunzînd condiţiilor prescrise în documente normative de standardizare din alte ţări (DIN, GOST, AFNOR, AISI, ASTM) sau în normele de fabrică (FIAT, RENAULT, SULZER, MAN etc.). In plus, ponderea mărcilor caracterizate prin cantităţi mici consumate era foarte ridicată. Astfel, 75% din mărcile de oţel utilizate erau consumate anual în cantităţi mai mici de 100 t, 60% în cantităţi mai mici de 50 t şi 40% în cantităţi sub 40 t.

1.1.1. Numărul mare al mărcilor de oţel, surse de erori în utilizare

Care sînt consecinţele unei asemenea situaţii ? Pentru inginerii constructori de maşini, ca dealtfel şi pentru cei din alte specialităţi, multitudinea mărcilor de oţel constituie cauza a numeroase erori de ordin economic, motiv pentru care restrîngerea numărului mărcilor de oţel se impune ca o necesitate obiectivă. Intr-adevăr, diversificarea exagerată, necorelată cu necesităţile de utilizare, conduce întreprinderile consumatoare de metal la:

- formarea unor stocuri peste necesităţi, deci la imobilizarea unor fonduri băneşti importante;
- complicarea gospodăririi resurselor materiale şi creşterea riscului de a greşi în aprovizionare.

Cantităţile mici pe fiecare sortiment, care rezultă din această mare diversitate, nu permit o aprovizionare elastică, diminuează artificial cotele şi nu asigură obţinerea garanţiilor de fiabilitate asupra compoziţiilor chimice, omogenităţii structurale şi proprietăţilor fizice şi mecanice condiţionate, în cel mai înalt grad, de o filiaţie bine definită a produsului.

Această ultimă consecinţă capătă o importanţă deosebită în cazul industriei constructoare de maşini, al cărei caracter de serie, repetabil, al fabricaţiei necesită utilizarea de oţeluri de calitate şi omogenitate constantă, dacă se doreşte garantarea corespunzătoare a caracteristicilor de calitate ale produselor finite. Dacă prelucrările se efectuează cu maşini cu ciclu automat, problema capătă şi mai multă importanţă deoarece, în acest caz, fiabilitatea produsului executat se asigură prin constanţa reglajului.

Cu această argumentaţie nu înseamnă că problema nu se pune cu aceeaşi acuitate şi în fabricaţia unitară. Intr-adevăr, este mult mai uşor să se garanteze calitatea unei realizări dacă ea se bazează pe folosirea unor mărci de oţel cunoscute şi uşor de aprovizionat.

In condiţiile în care consecinţele defavorabile ale multitudinii mărcilor de oţel sînt evidente, se pune firesc întrebarea cum s-a ajuns la o astfel de veritabilă "inflaţie de mărci"!?

1.1.2. Cauzele "inflaţiei de mărci"

O analiză atentă a situaţiei arată că principalele cauze care au determinat această inflaţie nedorită de mărci sînt următoarele:

- o primă categorie de cauze rezultă dintr-o anumită necunoaştere a problemelor metalurgice de către numeroşi specialişti din

ramurile consumatoare. Mulţi proiectanţi şi tehnologi mecanici şi din alte specialităţi ignoră fiziologia oţelurilor şi posibilităţile lor de tratament termic, precum şi raţiunea acestora. Această necunoaştere sau lipsă de interes pentru problemele metalurgice îl conduce pe proiectantul sau tehnologul constructor de maşini sau din alte specialităţi să se îndrepte spre acea marcă de oţel care prezintă, în starea convenţională de catalog, proprietăţile cele mai apropiate de cele care sînt necesare în cazul dat pe care trebuie să-l rezolve. Procedînd în acest fel, ei ignoră posibilităţile largi, avantajoase, pe care le creează diversificarea tratamentelor termice în direcţia obţinerii, pe mărcile de oţel standardizate, a unui ansamblu de proprietăţi tehnologice şi de întrebuinţare, mult mai bine adaptate condiţiilor de lucru şi fabricaţie ale produsului respectiv;

- a doua categorie de cauze rezultă din rutină, dintr-o obişnuinţă de lucru a multor proiectanţi mecanici sau din alte specialităţi, foarte competenţi dealtfel, care nu ezită să recurgă, pentru a defini caracteristicile de rezistenţă ale unei piese, la calcule complicate, adoptînd de cele mai multe ori coeficienţi de siguranţă ridicaţi în momentul alegerii materialului, deschizînd , cu o încredere absolută, cataloagele de oţeluri, spre a căuta şi selecta din ele marca ale cărei caracteristici sînt cele mai apropiate de cele definite prin calcul. Prin aceasta, gama oţelurilor utilizate se îmbogăţeşte cu o marcă ale cărei caracteristici sînt foarte apropiate de acelea ale oţelurilor folosite curent, deşi diferenţele existente ar fi putut fi uşor rezolvate din variaţia coeficienţilor de siguranţă acoperitori, fără a se recurge la un alt oţel.

1.1.3. Posibilităţi de economisire prin restrîngerea numărului mărcilor de oţel

Interesul manifestat de industria siderurgică pentru orice efort în direcţia adîncirii tipizării şi diminuării varietăţilor de oţeluri, pe care ea trebuie să le producă, se situează mai întîi pe plan economic.

Mutaţiile de ordin tehnic, care au intervenit în ultimele două decenii, se caracterizează printr-o creştere considerabilă a capacităţii agregatelor de producţie şi a vitezei de elaborare a şarjelor. Acum numai cîţiva ani, capacitatea medie a agregatelor de elaborare era de ordinul a 100 tone, iar durata şarjelor de 6 - 8 ore, fiind posibil să se elaboreze şarje personalizate. Astăzi, capacitatea unitară a convertizoarelor LD este de 200 tone, putînd atinge 280 sau chiar 300 tone, iar durata şarjelor de 30 - 45 minute, ceea ce limitează individualizarea unor beneficiari, care dau dovada unui prea înalt spirit de

personalizare. In acelaşi timp, capacitatea cuptoarelor electrice a crescut şi ea de 5 - 10 ori.

Avantajul productivităţii pe care-l determină creşterea capacităţii agregatelor de producţie şi a vitezei de elaborare a şarjelor în industria siderurgică nu este real decît dacă se dispune de comenzi în cantităţi suficiente pentru fiecare sortiment şi dacă se asigură reuşita mărcii şi a produsului vizat. O şarjă de 200 tone declasată sau, şi mai rău, ratată, costă mult prea scump pentru a putea accepta beneficiari individualizaţi:

Fără îndoială că reuşita mărcii şi a produsului solicitat de beneficiar constituie o problemă a specialiştilor siderurgi, dar este cazul să menţionăm că cerinţele din ce în ce mai exigente formulate de beneficiari îi constrînge pe siderurgişti să producă sortimente din ce în ce mai greu de obţinut.

In aval, dezvoltarea întreprinderilor utilizatoare şi concentrarea lor antrenează folosirea, pentru acelaşi sortiment, a unor cantităţi din ce în ce mai mari, dar această evoluţie pozitivă este mai lentă decît creşterea capacităţii agregatelor de producţie din siderurgie, iar în unele cazuri total anulată de diversificarea fără discernămînt a mărcilor de oţel utilizate.

Tipizarea mărcilor de oţel, aprobată prin Decretul Consiliului de Stat nr. 99/1980, prin care se restrînge la 166 numărul mărcilor de oţel admise a fi produse şi folosite în R.S. România (din care 30 de mărci de oţel pentru scule), influenţează, în mod hotărîtor, cantităţile ce se consumă din fiecare sortiment, determinîndu-se o creştere sensibilă a acestora, ceea ce are repercusiuni favorabile asupra productivităţii agregatelor tehnologice din industria noastră siderurgică. Totodată, raţionalizarea numărului mărcilor de oţel ar trebui să determine şi o diminuare a stocurilor din economie şi, pe această bază, a costurilor de fabricaţie şi gestiune.

Din punct de vedere tehnic, tipizarea mărcilor de oţel facilitează o alegere mai judicioasă a calităţii care convine cel mai bine unor condiţii date de lucru, ceea ce permite realizarea unor economii sigure. Totodată, restrîngerea numărului mărcilor de oţel are drept efect o omogenitate calitativ mai ridicată a produselor livrate, influenţînd în mod hotărîtor fiabilitatea maşinilor, utilajelor şi instalaţiilor.

In sfîrşit, din punct de vedere al aprovizionării tehnico-materiale, tipizarea trebuie să determine o reducere a termenelor de livrare şi o îmbunătăţire sensibilă a disciplinei contractuale, ca urmare a faptului că uşurează apreciabil întocmirea şi desfăşurarea programelor de fabricaţie.

Cu toate consecinţele favorabile pe care le antrenează,

trebuie menţionat, însă, că tipizarea reduce mult incertitudinile, dar nu le elimină. De aceea este necesară o muncă complementară, laborioasă, în precizarea întregului ansamblu de proprietăţi de întrebuinţare şi tehnologice ale oţelurilor, cu scopul înlesnirii alegerii, de către utilizatori, a oţelurilor adaptate, cel mai bine, fiecărui tip de fabricaţie. Acest rezultat se obţine, bineînţeles, printr-o colaborare directă între specialiştii din industria siderurgică şi cei din ramurile consumatoare.

In acest context, este cazul să ne convingem şi să convingem pe toţi specialiştii că nu este suficient să se stabilească nomenclatoare sau normative de mărci de oţeluri recomandate pentru o anumită fabricaţie, să se îmbunătăţească şi să se pună la zi, fără încetare, standardele siderurgice, să se aprofundeze datele tehnice asupra proprietăţilor oţelurilor, ci este necesar ca aceste lucrări să fie cunoscute şi utilizate şi ca mărcile recomandate să fie efectiv întrebuinţate.

Necunoaşterea în profunzime a prevederilor tipizării şi, legat de aceasta, negarea de către unii specialişti, în mod nejustificat, a avantajelor tipizării, constituie cauza principală pentru care aplicarea tipizării nu a determinat obţinerea tuturor avantajelor potenţiale, indisolubil legate de ea.

Deci trebuie făcut un efort sporit în domeniul informării, pentru a dezvolta pe plan tehnic colaborarea, mai ales între mecanică şi siderurgie, industrii în mod necesar legate, deoarece una este principalul beneficiar al producţiei celeilalte, cea de-a doua bazîndu-şi întreaga dotare şi întreţinere a echipamentelor sale de producţie pe activitatea celei dintîi.

După patru ani de la aprobarea tipizării este necesar să trecem hotărît la punerea integrală în valoare a acestei raţionalizări, facilitînd munca compartimentelor de proiectare, pregătire a fabricaţiei şi aprovizionare, pentru a asigura o eficienţă mai ridicată a industriilor noastre prelucrătoare de metal.

Pe de altă parte, în rîndul multor specialişti din ramurile consumatoare de metal se observă un oarecare sentiment de insatisfacţie cu privire la furnizorii lor siderurgi. Există, uneori, tendinţa de a atribui raportului de forţe sau de scară, care există între întreprinderile siderurgice şi cele beneficiare, aşa-zisa" lipsă de înţelegere"a producătorilor de metal.

Personal, consider că, de cele mai multe ori, acest sentiment de insatisfacţie provine din cauza dificultăţii pe care o întîmpină majoritatea specialiştilor din ramurile consumatoare la traducerea corectă a cerinţelor lor în termen de marcă sau condiţii tehnice de ca-

litate impuse oţelului susceptibil să răspundă cel mai bine, tehnic şi economic, nevoilor lor, adică de a formula corect comenzile şi de a-şi asigura calitatea necesară fără exagerări.

N-ar fi oare mai bine ca, într-un viitor nu prea îndepărtat, specialistul din ramurile consumatoare să se limiteze la formularea cît mai precisă a condiţiilor în care urmează să lucreze produsul pentru care solicită materialul necesar şi, în continuare, să facă apel la specialistul siderurg ca să transpună aceste cerinţe în termeni de calitate ? Să fim convinşi că dialogul şi colaborarea din ce în ce mai strînsă între cele două părţi sînt singurele căi capabile să remedieze progresiv situaţia existentă şi să determine obţinerea tuturor avantajelor legate de tipizare.

Raţionalizarea numărului mărcilor de oţel, realizată prin tipizare, a creat condiţii pentru mai buna folosire a oţelurilor. Rămîne ca dialogul continuu şi strînsa colaborare între cele două părţi, siderurgi şi consumatori, să desăvîrşească efectele pozitive ale acesteia.

1.2. Cerinţe şi caracterizare generală a oţelurilor de scule

Pentru a putea răspunde condiţiilor de lucru extrem de variate în care lucrează oţelurile de scule, acestea prezintă compoziţii chimice foarte diversificate, mergînd de la oţeluri carbon pînă la oţeluri înalt aliate, care conţin în jur de 30% elemente de aliere.

Datorită acestui fapt, numărul mărcilor de oţeluri pentru scule, oferite pe plan mondial, este foarte mare. In cadrul eforturilor de raţionalizare a structurii oţelurilor de scule şi al lucrărilor de tipizare-standardizare au fost reţinute, aşa cum s-a mai spus, 30 mărci de oţel, aprobate prin Decretul Consiliului de Stat nr. 99/1980. Aceste mărci tipizate de oţel satisfac toate cerinţele impuse de condiţiile de lucru ale diverselor scule şi pot fi produse de către industria noastră siderurgică cu garanţii corespunzătoare de calitate şi fiabilitate.

Indrumarul de faţă îşi propune să prezinte ansamblul acestor 30 mărci de oţeluri pentru scule, tipizate în R.S.România, să sublinieze caracteristicile fiecărei mărci şi să precizeze criteriile principale de alegere ale unei mărci de oţel, astfel ca aceasta să răspundă cel mai bine condiţiilor de utilizare ale unei anumite scule. In acest context, precizîndu-se regulile generale de întrebuinţare a oţelurilor de scule, sînt descrise cele trei clase standardizate de oţeluri pentru scule (carbon, aliate şi rapide) şi se procedează la o prezentare şi o examinare mai aprofundate ale celor 30 mărci tipizate de oţeluri pentru scule.

Aşadar, scopul acestei lucrări este de a pune la dispoziţia specialiştilor informaţiile necesare pentru o alegere raţională între numeroasele oţeluri tipizate. Informaţiile culese din această lucrare vor trebui completate prin consultarea standardelor şi a nomenclatorului dimensional al produselor tipizate, iar la nevoie şi a combinatelor sau întreprinderilor producătoare. In multe cazuri din practica curentă, o cooperare strînsă între utilizatorii şi producătorii de oţeluri pentru scule, pe de o parte, şi producătorii de scule, pe de altă parte, se dovedeşte deosebit de folositoare.

Oţelurile pentru scule prezentate în îndrumarul de faţă sînt utilizate la fabricarea sculelor destinate efectuării operaţiilor de prelucrare la rece sau la cald a altor materiale, cu sau fără aschiere.[x] In categoria oţelurilor pentru scule intră şi oţelurile destinate fabricării instrumentelor sau aparatelor de măsură: calibre, joje, cale, rigle, şublere, micrometre etc., deoarece ele trebuie să satisfacă cerinţe asemănătoare oţelurilor pentru scule, ca: duritate ridicată, rezistenţă la uzură, deformare redusă la călire, stabilitate dimensională mare etc.

Oţelurile pentru scule diferă, în mod sensibil, de oţelurile pentru construcţie atît prin condiţiile de utilizare, cît şi prin caracteristicile care servesc la definirea lor.

In primul rînd, nivelul cerinţelor impuse oţelurilor pentru scule este total diferit de cel al oţelurilor de construcţie. Intr-adevăr, un oţel de construcţie trebuie să prezinte o aptitudine corespunzătoare întrebuinţării date şi, de regulă, este inutil ca el să aibă caracteristici superioare celor necesare. Astfel, este suficient ca o bielă, un arbore cotit, un şurub sau un pinion să asigure o durată de utilizare cel puţin la fel de lungă ca durata de serviciu a maşinii sau utilajului din care face parte. Practic, este lipsit de interes ca toate aceste piese să poată dura de două sau de zece ori mai mult decît viaţa ansamblului. Cu alte cuvinte, majoritatea elementelor componente ale construcţiilor mecanice sînt concepute pentru o durată de serviciu limitată.

Nu acelaşi lucru se întîmplă în cazul sculelor, domeniu în care se urmăreşte, în cea mai mare parte a cazurilor, ca durata de exploatare să fie maximă, fără stabilirea unei limite superioare. O sculă de tăiere care necesită mai puţine ascuţiri, o pilă care va rezista cît mai mult, un bloc de matriţă care va permite să se fabrice cît mai multe piese matriţate sau un ghidaj de strung care va rezista unui

x) Aceste operaţii pot fi efectuate prin strunjire, găurire, frezare, rabotare, tăiere cu ferăstrău, poansonare, filetare, alezare, ambutisare, forjare, presare, matriţare, ştanţare, decupare, retezare, dăltuire, lovire, laminare, tragere, extrudere, turnare, măcinare şi orice alte moduri de prelucrare sau fasonare la cald sau la rece.

număr cît mai mare de strunjiri pînă la înlocuire, toate aceste scule vor fi cu atît mai apreciate de către utilizatori, cu cît durabilitatea lor va fi mai mare.

In al doilea rînd, dacă în cazul unui reper de mașină solicitările în exploatare se exercită pe întreaga secțiune a piesei sau pe o parte importantă a acesteia, o sculă nu este solicitată la maximum decît în vîrful, muchia sau suprafața de contact dintre sculă și material. De aici rezultă că numai o mică parte a sculei suportă solicitările cele mai severe: încălzire, uzură, forfecare, încovoiere, presiune sau șoc. Distrugerea acestei părți obligă fie la scoaterea din uz a sculei, fie la ascuțirea sculei pentru a-i reda profilul său inițial.

O altă diferență fundamentală între oțelurile de construcții și cele de scule decurge din maniera de caracterizare a unora și a altora.

Oțelurile de construcție pot fi definite, prin compoziția chimică și caracteristicile lor mecanice, din care cea mai mare parte pot fi determinate prin încercări cantitative reproductibile.

Oțelurile de scule, dimpotrivă, nu pot fi definite cu ajutorul unor caracteristici mecanice sau fizice, măsurabile, prin care să se poată evalua, într-un mod univoc, aptitudinile lor de întrebuințare. Pentru această categorie de oțeluri cu utilizări foarte diferite, criteriile de alegere sînt intim legate de condițiile de întrebuințare, de forma și dimensiunile sculei, de randamentul dorit în serviciu, de cadența de lucru impusă și de importanța relativă a diferitelor proprietăți, mai mult sau mai puțin compatibile între ele. Rezultă, de aici, că soluția adoptată este, în mod esențial pragmatică, și constituie un compromis între cerințe uneori contradictorii.

Este, totuși, unanim admis că, pentru a atinge un nivel cît mai ridicat posibil al valorii de întrebuințare la un oțel de scule, trebuie asigurate la cel mai înalt nivel - precizia analizei chimice, puritatea chimică și lipsa incluziunilor nemetalice, omogenitatea structurii, absența defectelor fizice și constanța comportării la tratamente termice. Datorită acestui fapt, elaborarea oțelurilor pentru scule, de calitate superioară, se face prin tehnici metalurgice avansate, prelucrarea prin forjare sau laminare, tratamentele termice și controlul calității, în diversele stadii ale procesului de producție, efectuîndu-se cu cea mai mare grijă.

1.3. Proprietățile de întrebuințare și tehnologice ale oțelurilor pentru scule

Principalele proprietăți de întrebuințare și tehnologice ca-

re trebuie să le aibă sculele pentru prelucrare la cald sau la rece şi, deci, oţelurile din care acestea se confecţionează, sînt următoarele:

- duritate la temperatura de lucru, proprietate care condiţionează, în mare parte, rezistenţa metalului la uzură şi la deformare sau fluaj sub tensiuni mecanice ridicate;

- rezistenţă la uzură; această proprietate este strîns legată de duritate, dar ea depinde şi de alţi factori, ca: structură, natura şi fineţea constituenţilor micrografici, în mod deosebit a carburilor, compoziţie chimică etc.;

- tenacitate, proprietate complexă care integrează duritatea şi ductilitatea, două caracteristici care, de regulă, variază în sens invers; datorită acestui fapt, tenacitatea constituie un compromis care urmăreşte să realizeze o cît mai mare duritate posibilă, fără o fragilizare excesivă.

La aceste trei proprietăţi fundamentale, comune tuturor genurilor de scule, se pot adăuga şi altele care, în funcţie de natura sculei, pot căpăta o importanţă mai mare sau mai mică. Acestea sînt:

- comportarea tăişului sau aptitudinea de tăiere, care se poate defini ca proprietatea sculei de a-şi păstra integritatea tăişului. Aptitudinea de tăiere este o consecinţă a celor trei proprietăţi fundamentale, adică duritate la temperatura de lucru a sculei, rezistenţă la uzură şi tenacitate (absenţa fragilităţii prin exfoliere);

- rezistenţa la socuri mecanice, proprietate importantă în cazul sculelor de prelucrare prin lovire, ca: matriţe, poansoane, dălţi, ciocane, sfredele de mînă etc. Ea este legată direct de tenacitate şi conduce la folosirea unor oţeluri ale căror conţinuturi în carbon şi duritaţi, în starea de întrebuinţare, rămîn în anumite limite;

- durabilitatea. Problemele legate de durabilitate sau rezistenţa la oboseală a sculelor au fost şi sînt frecvent tratate în numeroase publicaţii şi lucrări (1 ... 5,7,11 şi 16). Această proprietate este importantă mai ales în cazul sculelor supuse la tensiuni mecanice repetate; ea creşte pînă la un anumit punct cu rezistenţa oţelului şi depinde strîns de microstructura oţelului, de starea suprafeţei şi de configuraţia sculei, în mod deosebit de absenţa decarburării superficiale;

- rezistenţa la oboseală termică şi insensibilitatea la şocuri termice; aceste două proprietăţi deşi înrudite sînt, totuşi, distincte şi vor fi tratate mai pe larg în capitolul consacrat oţelurilor destinate prelucrărilor la cald. Prezenţa elementelor de aliere diminuează conductibilitatea termică şi tinde să accentueze diferenţele de temperatură între diversele puncte ale secţiunii sculelor;

- nedeformabilitatea şi insensibilitatea la fisurare în timpul călirii; riscul de deformare şi fisurare la călire va fi cu atît mai re-

dus cu cît călibilitatea oţelului va fi mai mare şi, prin aceasta, va permite recurgerea, fie la un mediu de călire mai puţin energic, adică, în ordine descrescătoare a severităţii de călire de la apă spre ulei, băi de plumb, băi de săruri topite, aer suflat şi aer calm, fie la călirea în trepte sau întreruptă. Configuraţia geometrică a sculei joacă, de asemenea, un rol de prim ordin, ca şi alţi factori care vor fi reluaţi în capitolul referitor la oţelurile de foarte înaltă rezistenţă la uzură:

- uşurinţa de prelucrare prin aşchiere (aşchiabilitate) sau prin deformare plastică (forjabilitate) a oţelurilor de scule depinde de compoziţia lor chimică şi, într-o mare măsură, de calitatea recoacerii, adică de constituenţii metalografici care rezultă;

- aptitudinea de lustruire, cerută în mod deosebit la fabricarea matriţelor pentru materialele plastice. Ea depinde, în mod decisiv, de condiţiile de elaborare a oţelului şi de structura sa micrografică;

- rezistenţa la coroziune sau oxidare depinde de compoziţia chimică a metalului şi, mai ales, de conţinutul în crom, nichel şi molibden, precum şi, într-o anumită măsură, şi de tratamentul termic efectuat.

Bibliotecă Personală
Nr.
MANTALE C-TIN.

1.4. Clasificarea oţelurilor de scule

Există mai multe moduri de clasificare a oţelurilor de scule, care diferă de la o ţară la alta.

Astfel, în U.R.S.S. şi în alte ţări socialiste, clasificarea este determinată de compoziţia chimică: oţeluri carbon, oţeluri aliate cu crom, oţeluri aliate cu wolfram, oţeluri aliate cu 2,3,4 sau 5 elemente, de exemplu oţeluri aliate cu wolfram - crom - cobalt - molibden - vanadiu.

In Franţa, R.F.Germania şi celelalte ţări din Comunitatea Europeană a Oţelului, clasificarea este bazată, în primul rînd, pe condiţiile de lucru ale sculei şi, în al doilea rînd, pe proprietăţile de întrebuinţare şi elementele chimice dominante.

In ţara noastră, clasificarea este dictată, în primul rînd, de compoziţia chimică şi apoi de domeniul de utilizare a mărcii de oţel respective, definit - în mod evident-de proprietăţile de întrebuinţare, corelate cu condiţiile de lucru ale sculelor. Mai înainte de a prezenta, în detaliu, clasificarea oţelurilor de scule, tipizate în România, considerăm interesant de prezentat, în mod succint, clasificarea aplicată în S.U.A., datorită experienţei valoroase existente în această ţară în privinţa utilizării oţelurilor de scule.

1.4.1. Clasificarea americană

Clasificarea datorată Institutului American de Fontă şi Oţel (AISI), publicată în "Steel Products Manual - Tool Steels" (5) constituie o revizuire a celei din anul 1970, faţă de care prezintă schimbări importante. In această clasificare sînt cuprinse 72 de mărci de oţel,[x] ordonate în 7 clase, din care cea mai mare parte sînt subdivizate în grupe. Sintetic, această clasificare este prezentată în tabelul 1.1., preluat din manualul citat mai sus.

TABELUL 1.1

Clasificarea oţelurilor de scule după AISI

Clasa oţelurilor	Grupa oţelurilor	Simboluri	Numărul mărcilor
rapide	aliate cu molibden	M 1-M 47	18
	aliate cu wolfram	T 1-T 15	7
pentru prelucrări la cald	aliate cu crom	H 10-H 19	6
	aliate cu wolfram	H 21-H 26	6
	aliate cu molibden	H 42	1
pentru prelucrări la rece	carbon şi crom ridicat	D 2-D 7	5
	călibile în aer	A 2-A 10	8
	călibile în ulei	O 1-O 7	4
rezistente la şocuri		S 1 - S 7	5
pentru matriţe		P 2 - P 21	7
pentru întrebuinţări speciale	slab aliate	L 2 - L 6	2
călibile în apă		W 1 - W 5	3

x) Numărul de 72 de mărci de oţel este, în realitate, mult mai mare. Astfel oţelurile W1 şi W2 (pentru călire în apă) au limitele intervalului de variaţie pentru conţinutul de carbon: 0,60 şi 1,4%. La cererea beneficiarilor, aceste limite foarte largi pot fi depăşite, ceea ce conduce la mărci diferite. Acelaşi lucru se întîmplă cu marca L2 (pentru utilizări speciale) cu limitele carbonului 0,5 şi 1,1%. La fel, singurul oţel aliat cu molibden pentru prelucrări la cald, H42, poate, similar oţelurilor rapide, să aibă alte compoziţii chimice, purtînd simboluri care merg de la H40 la H 59.

1.4.2. Clasificarea în R.S.România

In ţara noastră, mărcile de oţeluri pentru scule sînt tipizate prin Decretul Consiliului de Stat nr.99 din anul 1980, iar clasificarea, compoziţia chimică, proprietăţile de întrebuinţare şi tehnologice, precum şi celelalte condiţii necesare utilizării lor sînt stabilite prin următoarele standarde de stat:STAS 1700-80, STAS 3611-80 şi STAS 7382-80. Aceste standarde adoptă, pentru clasificare, principiul combinat al compoziţiei chimice şi al modului de lucru al sculei, astfel:

- oţeluri carbon de scule (STAS 1700 - 80) cu utilizări atît la rece cît şi la cald, în condiţii de prelucrare cu sau fără aşchiere, o clasă de oţeluri din care se pot confecţiona scule pentru toate grupele de prelucrări;
- oţeluri aliate de scule (STAS 3611-80), care se subdivid, în funcţie de condiţiile de lucru ale sculelor, în două grupe:
  - oţeluri pentru scule aşchietoare şi aparate de măsură;
  - oţeluri pentru scule de deformare şi scule pneumatice;

La rîndul ei, grupa oţelurilor pentru scule de deformare şi scule pneumatice se subdivide în trei grupe:

- oţeluri pentru prelucrări prin deformare la rece (sub 250°C);
- oţeluri pentru prelucrări prin deformare la cald (peste 250°C);
- oţeluri pentru scule pneumatice;
- oţeluri rapide (STAS 7382 - 80) ale căror principale aplicaţii decurg din nivelurile ridicate ale durităţii la cald şi rezistenţei la uzură a acestor oţeluri. In consecinţă, oţelurile rapide sînt utilizate mai ales ca scule de tăiere, dar şi pentru scule de formare la rece sau la cald, fără degajare de aşchii sau pilitură,cînd nu sînt supuse la şocuri mecanice importante. In acest ultim caz, tratamentele termice aplicate vor trebui adaptate caracteristicilor necesare.

1.5. Criterii de alegere

Cele trei criterii de bază pentru alegerea unui oţel de scule sînt următoarele:

- proprietăţile de întrebuinţare ale sculei;
- uşurinţa de fabricare şi tratare termică a sculei;
- preţul de revenire al sculei.

Scanned with OKEN Scanner

1.5.1. Proprietăţile de întrebuinţare

Acestea depind în mod decisiv de:

a) condiţiile, modul de lucru şi configuraţia geometrică a sculei:

- natura şi duritatea materialului prelucrat cu scula;
- temperatura efectivă de lucru;
- şocurile sau presiunile suferite;
- coroziunea sau oxidarea produsă de mediul ambiant;
- nivelul acceptabil de uzură mecanică;
- configuraţia geometrică a sculei, în mod deosebit în cazul matriţelor de imprimare sau extrudere, susceptibile de a suferi în unele părţi ale sculei încălziri excesive, concentrări de tensiuni sau uzuri excesive.

b) grija acordată pentru respectarea regulilor de utilizare corectă a sculelor:

- funcţionarea corectă a maşinilor utilizate (prese, maşini-unelte, foarfeci etc.);
- dimensionare suficientă a sculelor pentru a evita solicitările mecanice excesive ale matriţelor, sculelor de tăiere, cuţitelor de foarfeci etc.;
- fixarea rigidă, aliniere precisă şi regiare convenabilă a jocului sculelor de presare, poansonare, ambutisare, ştanţare sau decupare;
- preîncălzirea sculelor prea reci, supuse la şocuri sau tensiuni mecanice şi/ sau termice violente;
- răcire bine studiată a sculelor sau părţilor de scule supuse la încălziri excesive.

c) cadenţa de lucru a maşinii şi importanţa piesei ce trebuie prelucrată cu scula respectivă:

- este, desigur, evident că o matriţă de imprimare destinată fabricării unei serii limitate (de cîteva sute de piese) va trebui confecţionată dintr-un oţel mai puţin performant, în comparaţie cu o altă matriţă care va trebui să producă o serie foarte mare.

d) parametrii metalurgici propriu-ziş:

- tratamentul termic aplicat;
- corectitudinea efectuării tratamentului termic;
- nivelul calitativ al oţelului utilizat.

1.5.2. Uşurinţa de fabricare a sculei

In majoritatea cazurilor, scula este executată prin prelucra-

rea metalului în stare recoaptă. Uneori, în cazul matriţelor şi al formelor pentru mase plastice, prelucrarea se face pe oţelul de scule în starea finită de întrebuinţare, adică pe oţeluri apte de a fi durificate secundar printr-o simplă revenire. In aceste cazuri, cînd trebuie prelucrate oţeluri călite foarte dure, prelucrările neconvenţionale (electroeroziunea sau disoluţia electrochimică) permit realizarea cavităţilor de lucru necesare.

Prelucrabilitatea oţelului şi starea suprafeţei obţinută prin prelucrare influenţează costurile de fabricaţie a sculei.

Oţelurile carbon sau slab aliate, cele mai uşor de înmuiat prin recoacere, oferă avantaje din acest punct de vedere, în măsura în care pot fi întrebuinţate. Există,de asemenea, posibilitatea de a produce oţeluri aliate resulfurate pentru scule, cu prelucrabilitate îmbunătăţită.

Anumite cavităţi de lucru, în mod deosebit cele ale formelor pentru mase plastice, sînt realizate prin formarea la rece a amprentei cu ajutorul unui poanson corespunzător. Pentru aceste forme se utilizează oţeluri aliate cu conţinuturi scăzute de carbon, care suferă după formarea amprentei o cimentare urmată de călire. In asemenea cazuri,se utilizează oţeluri inoxidabile durificabile prin ecruisare. Uneori, amprenta este durificată prin nitrurare sau, pentru a-şi păstra mai bine starea suprafeţei, se cromează dur pe cale electrolitică.

Fabricarea sculelor include un tratament termic de călire şi revenire, în măsura în care nu se întrebuinţează bare sau blocuri pretratate. In acest caz, absenţa riscurilor de fisurare sau deformare la călire şi constanţa proprietăţilor obţinute sînt factori de luat în considerare.

1.5.3. Preţul de revenire

Acesta nu reprezintă numai suma costurilor de achiziţionare a oţelurilor şi a celor pentru prelucrare şi tratament termic. Este necesar să se ţină seama şi de ceea ce se obţine: numărul pieselor fabricate cu scula respectivă, calitatea acestor piese (aspect, toleranţe etc.), cheltuieli legate de staţionarea maşinii-unealtă pentru înlocuirea sculei scoasă din uz şi refacerea părţii active a sculei.

Studiul atent al acestor factori diferiţi permite să se degaje elementele unei alegeri raţionale. Totuşi, pentru a se proceda în mod eficient la alegerea celei mai potrivite mărci de oţel pentru un caz dat, este absolut necesar ca producătorul să fie informat asupra condiţiilor precise de utilizare, a tratamentului termic al sculei, ca şi asupra modului de fabricare a acesteia.

Scanned with OKEN Scanner

1.6. Progrese în realizarea unor oţeluri de scule de calitate superioară

Aplicarea unor tehnici deosebite, de curînd apărute în practica industrială, permite să se reducă considerabil segregaţiile din metal şi deci să-i crească omogenitatea chimică, să se micşoreze mărimea cristalelor şi a carburilor primare şi să se îmbunătăţească puritatea incluzionară.

Ne referim, din acest punct de vedere, la aplicarea vidului la elaborarea sau turnarea oţelului, la retopirea sub vid cu electrozi consumabili (RAV) sau sub pat de zgură electro-conductoare (REZ). Aceste procedee, care comportă mai multe variante, sînt deseori utilizate pentru elaborarea oţelurilor cu 12% Cr, necesare fabricării de scule puternic solicitate, a oţelurilor pentru forme a căror suprafaţă de lucru trebuie perfect lustruită, a oţelurilor puternic aliate utilizate la fabricarea de scule pentru prelucrări la cald şi a oţelurilor rapide.

Metalurgia pulberilor prealiate, obţinute prin pulverizare şi solidificare cvasiinstantanee a metalului lichid cu ajutorul unui jet rapid de gaz sau apă sub presiune, este utilizată de unele oţelării din ţările puternic industrializate la fabricarea oţelurilor de scule înalt aliate, mai ales a oţelurilor cu 12% Cr de tip C 120 sau pentru diferite oţeluri rapide.

Creşterea considerabilă a vitezei de răcire a metalului lichid modifică, într-o manieră radicală, procesul de solidificare. Ea suprimă practic orice segregare a elementelor de aliere şi impiedică formarea reţelei de carburi primare, caracteristică oţelurilor ledeburitice solidificate în lingotiere sau forme.

Particulele de oţel, avînd dimensiuni care nu depăşesc 400 μ, sînt apoi compactate şi sinterizate la cald sub presiuni înalte, în atmosferă de argon sau azot. Compactarea este completată printr-o operaţie de forjare sau tragere la cald, ca, în final, să se obţină semifabricate sau bare perfect densificate sau chiar scule formate.

Oţelurile produse, în acest fel, se caracterizează printr-o fineţe extremă a carburilor metalice, foarte regulat repartizate în matrice, şi printr-o mare omogenitate de compoziţie, ca urmare a absenţei oricărei segregaţii.

Creşterea importantă a cheltuielilor de fabricaţie a sculelor astfel produse este parţial compensată printr-o scoatere mai bună de metal, 70 - 75% în loc de 50%, cînd se pleacă de la metal turnat. In plus, preţul mai ridicat al acestor scule este compensat la beneficiar prin importante avantaje tehnice, din care cele mai importante sînt:

. o mai mare tenacitate, datorată finetii şi omogenităţii repartizării constituenţilor;

. o mai bună capacitate de tăiere, datorată unei mai ridicate durităţi la cald;

. deformaţii mai mici în timpul tratamentului termic;

. o mai bună aptitudine de polisare şi rectificare, graţie finetii şi regularităţii distribuţiei carburilor în oţelurile foarte aliate, supracarburate.

Scanned with OKEN Scanner

Bibliotecă Personală
Nr.
MANTALE C-TIN.

CAPITOLUL 2

PRINCIPALELE FAMILII DE OTELURI PENTRU SCULE

După cum s-a mai arătat în capitolul I, oţelurile pentru scule, tipizate în România, sînt clasificate în trei mari categorii:

- oţeluri carbon de scule;
- oţeluri aliate de scule;
- oţeluri rapide de scule.

In cadrul acestui capitol se vor prezenta compoziţiile chimice şi domeniile de utilizare ale tuturor mărcilor tipizate de oţeluri pentru scule, cu excepţia materialelor sinterizate, ca de exemplu carburile dure, şi a aliajelor metalice în care fierul nu constituie elementul de bază. Domeniul de utilizare a oţelurilor de scule, deşi foarte extins şi variat datorită condiţiilor de lucru, este - spre deosebire de al oţelurilor pentru construcţii - foarte bine precizat şi definit, ceea ce uşurează, într-o oarecare măsură, prezentarea oţelurilor de scule.

In încheierea capitolului, se va prezenta nomenclatorul tuturor mărcilor de oţel pentru scule, standardizate în R.S.R., şi se vor indica pentru fiecare marcă de oţel cuprinsă în nomenclator mărcile corespondente ce se produc în unele ţări industrializate cu care avem legături comerciale sau schimburi de produse siderurgice. Aceste corespondenţe vor putea fi folosite de proiectanţii de scule pentru completarea informaţiilor necesare, referitoare la proprietăţile tehnologice, precum şi la domeniile de utilizare a oţelurilor pentru scule.

Prezentarea mărcilor de oţel pentru scule se face, în cadrul acestui capitol, prin prisma compoziţiei chimice prescrise în standarde pentru oţelul lichid. Caracteristicile de întrebuinţare pe produs, aşa cum se prevăd în standardele de stat din ţara noastră sau în documentele normative de standardizare din alte ţări pentru mărcile de oţel corespondente, vor fi prezentate în capitolul 4 al acestui îndrumar.

In ceea ce priveşte celelalte informaţii referitoare la regulile de verificare a calităţii, metode de încercare, stări de suprafaţă, condiţii de recepţie, încercare, ambalare etc., vor trebui consultate standardele de produs respective.

2.1. Oţelurile carbon de scule

Oţelurile carbon de scule, produse în ţara noastră, sînt oţeluri carbon de calitate, avînd în vedere conţinutul relativ ridicat de

sulf şi fosfor ($S + P \leq 0,05\%$). Conform standardului de stat STAS 1700 - 80, sînt standardizate 6 mărci de oţel, din care 5 mărci propriu-zis de scule (OSC 7; OSC 8; OSC 10; OSC 11 şi OSC 13) şi o marcă de oţel (OSC 8 M) destinată, mai ales, confecţionării de cuţite. Cele 6 mărci de oţel standardizate se deosebesc prin conţinutul de carbon, care stă şi la baza simbolizării lor, şi prin structură:

- hipoeutectoide (OSC 7);
- eutectoide (OSC 8[x]) şi OSC 8 M);
- hipereutectoide (OSC 10; OSC 11 şi OSC 13).

Caracteristica principală a oţelurilor carbon de scule o constituie marea diversitate a domeniilor lor de utilizare. Practic, din aceste oţeluri pot fi confecţionate scule pentru toate tipurile de prelucrări. In tabelul 2.1 sînt redate, pentru toate cele 6 mărci standardizate, conţinuturile principalelor elemente care definesc compoziţia chimică a oţelurilor carbon de scule, precum şi domeniile lor de utilizare. In cazul sculelor aşchietoare, cărora li se cer valori ridicate de duritate, care să asigure rezistenţa necesară la uzură, sînt utilizate - cu precădere - oţeluri hipereuteroide.

2.2. Oţelurile aliate de scule

2.2.1. Influenţa elementelor de aliere

Pentru a putea facilita înţelegerea problemelor pe care le ridică utilizarea oţelurilor aliate şi rapide de scule este necesar să se cunoască influenţa principalelor elemente de aliere prezente în compoziţia chimică a acestor oţeluri.

Acţiunea unui element de aliere asupra proprietăţilor unui oţel depinde, evident, de conţinutul său, dar şi de interacţiunea cu alte elemente, eventual prezente în compoziţia oţelului, de conţinutul de carbon al acestuia şi de tratamentele termice aplicate.

Efectele specifice datorate principalelor elemente de aliere pot fi sintetizate, după cum urmează:

Manganul participă la procesul de elaborare a tuturor oţelurilor, în a căror compoziţie este întotdeauna prezent, în conţinuturi de regulă mai mici de 1%. Unele oţeluri întrebuinţate în fabricarea sculelor pentru prelucrări la rece conţin mangan în cantităţi mai mari.

Manganul este un element gamagen, ceea ce înseamnă că scade temperatura de austenitizare a oţelurilor şi deci temperatura de călire, reducînd oxidarea şi decarburarea superficială. El măreşte a-

x) Oţelul OSC 8 este hipoeutectoid, în cazul în care conţinutul de carbon se situează spre limita inferioară.

TABELUL 2.1

Compoziţia chimică şi domeniile de utilizare ale celor 6 mărci standardizate de oţel carbon pentru scule

Simbolul mărcii de oţel	Compoziţia chimică C	Mn	Si	P max	S max	Cr max	Ni max	Alte elemente max	Domeniul de utilizare
OSC 7	0,65 0,74	0,15 0,35	0,15 0,35	0,030	0,025	0,20	0,25	P+S = 0,05 Cu = 0,25	Scule supuse la lovituri şi şocuri, care necesită o tenacitate mare şi duritate suficientă: ciocane de forjare la cald, ciocane de lăcătuşerie, baroase, matriţe pentru oţeluri moi sau mase plastice, căpuitoare, dălţi, şurubelniţe, vîrfuri de strung, foarfece de mînă pentru tăierea tablelor, poansoane pentru oţeluri moi, burghie pentru materiale cu duritate mică, instrumente chirurgicale neascuţite, scule de tîmplărie, scule de modelat, furci pentru maşini agricole, coase, seceri, cleşti patent etc.
OSC 8	0,75 0,84	0,15 0,35	0,15 0,35	0,030	0,025	0,20	0,25	P+S = 0,05 Cu = 0,25	Scule supuse la lovituri care necesită tenacitate mare şi duritate mijlocie: matriţe pentru forme simple, cuţite şi foarfece pentru metale moi, scule de tîmplărie, scule pneumatice perforatoare, punctatoare, dornuri de mînă, scule pentru fabricarea şuruburilor şi cuielor,

Scanned with OKEN Scanner

Simbolul mărcii de oţel	Compoziţia chimică C	Mn	Si	P max	S max	Cr max	Ni max	Alte elemente max	Domenii de utilizare
									burghie pentru materiale cu duritate mijlocie, matriţe de dimensiuni mari pentru materiale plastice, scule de tăiere şi îndoire la cald, cleşti pentru sîrmă, dălţi pentru minerit şi cioplit piatra etc.
OSC 8 M	0,80 0,90	0,35 0,80	0,15 0,35	0,030	0,025	0,20	0,25	P+S = 0,05 Cu = 0,25	Lame de cuţit, discuri pentru ferăstraie circulare sau bandă pentru ferăstraie de lemn, cuţite de rindea, dălţi pentru cărbune şi cioplirea pietrelor, matriţe pentru injectat mase plastice, piese de uzură pentru maşini agricole.
OSC 10	0,95 1,04	0,15 0,35	0,15 0,35	0,030	0,025	0,20	0,25	P+S = 0,05 Cu = 0,25	Scule care nu sînt supuse la lovituri puternice şi brusce şi care necesită o oarecare tenacitate şi au tăişuri ascuţite, filiere, burghie pentru perforat roci dure, bacuri pentru fălci, piese de matriţe pentru monetărie, scule pentru fabricarea şuruburilor şi acelor, scule pentru aşchiat metale moi, inele de tras, inele de ambutisare, dor-

Scanned with OKEN Scanner

TABELUL 2.1. (continuare)

Simbolul mărcii de oţel	Compoziţie chimică								Domenii de utilizare
	C	Mn	Si	P max	S max	Cr max	Ni max	Alte elemente max	
									nuri, cuţite de cauciuc, calibre de forme simple, dăliţi pentru ciocane pneumatice, pînze şi discuri pentru ferăstraie mecanice etc.
OSC 11	1,15 1,14	0,15 0,35	0,15 0,35	0,030	0,025	0,20	0,25	P+S = 0,05 Cu = 0,25	Scule supuse la lovituri de mică intensitate, care necesită tăişuri ascuţite: role de roluit materiale metalice, filiere, freze, burghie, calibre, ferăstraie pentru metale, articole de menaj, matriţe pentru ambutisat, scule de aşchiat metale moi.
OSC 13	1,26 1,45	0,15 0,35	0,15 0,35	0,030	0,025	0,20	0,25	P+S = 0,05 Cu = 0,25	Scule care nu sînt supuse la loviri şi care au o duritate deosebită şi muchii de tăiere foarte ascuţite: instrumente chirurghicale, cuţite pentru prelucrarea metalelor, brice, scule de trefilare, burghie, dăliţi, scule pentru prelucrarea pietrei dure, pile, cuţite pentru aşchiere cu viteză mică etc.

preciabil călibilitatea, permiţînd călirea în ulei în loc de apă, ca la oţelurile carbon de scule. Această influenţă se întîlneşte şi la alte elemente de aliere, după cum se va vedea. Manganul nu are efect favorabil asupra comportării la cald a oţelurilor şi, din această cauză, nu este utilizat ca element de aliere în oţelurile de scule decît la cîteva mărci de oţel destinate prelucrării la rece.

Siliciul, ca şi manganul, este prezent în compoziţia tuturor oţelurilor în conţinuturi care nu depăşesc, de regulă, 0,4%; în unele cazuri, această limită poate atinge 2%. Contrar majorităţii celorlalte elemente de aliere, siliciul nu formează carburi şi intră în soluţia solidă, în ferită. Această proprietate se mai întîlneşte la nichel şi cobalt.

Siliciul accentuează moderat călibilitatea oţelurilor, ridică temperatura de transformare austenitică (element alfagen) şi, prin aceasta, temperatura de călire. Prin acţiunea sa durificantă asupra feritei favorizează rezistenţa la uzură a oţelului, fără a-i afecta tenacitatea. Siliciul se găseşte, în conţinuturi crescute, în cîteva oţeluri rezistente la şocuri mecanice, utilizate la confecţionarea de sfredele de mină, dălţi pneumatice, cuţite de foarfeci etc. Acţiunea sa de întîrziere a înmuierii prin revenire îl impune ca element de aliere şi în cazul unor oţeluri de scule pentru prelucrări la cald.

Cromul, cu cîteva excepţii, este prezent în compoziţia chimică a tuturor oţelurilor aliate de scule, mai ales în oţelurile pentru prelucrări la cald, şi în toate oţelurile rapide. Acţiunea sa poate fi sintetizată în felul următor:

- element alfagen, care ridică temperaturile de transformare şi călire;
- element carburigen, formînd cu carbonul o serie de carburi dure ce contribuie la ameliorarea rezistenţei la uzură;
- exercită o acţiune foarte favorabilă asupra călibilităţii;
- produce o anumită întîrziere la înmuierea în timpul revenirii şi ameliorează, prin aceasta, rezistenţa la cald a oţelurilor;
- începînd de la conţinuturi de 4 - 5%, reduce progresiv oxidabilitatea oţelurilor la rece şi la cald. La conţinuturi mai mari de 12%, cromul constituie elementul de bază al oţelurilor inoxidabile. Această limită creşte cu conţinutul de carbon şi atinge 16% în cazul oţelurilor ce conţin 1% C. Intre oţelurile pentru prelucrări la rece se găsesc oţeluri inoxidabile cu crom, iar printre oţelurile pentru prelucrări la cald oţeluri refractare crom-nichel, rezistente la temperaturi foarte ridicate.

Molibdenul se situează imediat după crom, căruia îi este adesea asociat, în ierarhia elementelor de aliere prezente în com-

poziţia oţelurilor aliate de scule. Acţiunea sa în aceste oţeluri este următoarea:

- element alfagen, care ridică temperaturile de transformare şi călire;
- formează cu carbonul diverse carburi foarte dure, ameliorînd rezistenţa la uzură într-un grad mai pronunţat decît cromul, comparabil cu wolframul;
- exercită o acţiune foarte favorabilă asupra călibilităţii la conţinuturi mai mici decît cromul sau manganul;
- creşte într-o măsură apreciabilă, la un nivel comparabil cu vanadiul şi mai accentuat decît celelalte elemente de aliere, duritatea la cald a oţelurilor;
- ameliorează stabilitatea la revenire şi produce prin precipitarea carburilor o durificare secundară; permite, prin aceasta, reveniri la temperaturi mai ridicate, pentru a obţine durităţi comparabile, ceea ce are drept efect o mai bună stabilitate dimensională şi structurală;
- exercită o acţiune favorabilă asupra tenacităţii, mai ales în cazul oţelurilor aliate cu crom sau cu nichel-crom;

Nichelul nu formează carburi, găsindu-se în întregime dizolvat în soluţia solidă de ferită. Este un element puternic gamagen, a cărui prezenţă se face simţită prin scăderea temperaturilor de austenitizare şi călire, producînd o creştere a călibilităţii şi o ameliorare a tenacităţii, mai ales la temperaturi joase. Se găseşte prezent în două mărci de oţel destinate prelucrărilor la cald şi în conţinuturi ridicate într-o marcă de oţel refractar, rezistent la temperaturi foarte ridicate. Oţelurile rapide nu conţin nichel.

Vanadiul produce cele mai dure carburi prezente în oţelurile aliate de scule. Aceste carburi sînt solubile în austenită la temperaturi ridicate şi precipită, sub formă de particule foarte fine, în timpul revenirii de după călire. Această precipitare provoacă o importantă durificare a metalului, care poată să atingă sau să depăşească duritatea dinaintea revenirii, ceea ce permite oţelurilor să-şi păstreze bune proprietăţi la temperaturi ridicate.

Acţiunea vanadiului se traduce prin ameliorarea rezistenţei la uzură, la rece şi la cald, şi prin creşterea durităţii şi stabilităţii la cald a oţelurilor. El reduce, în schimb, tenacitatea şi, în conţinuturi ridicate, aptitudinea de ascuţire a oţelurilor rapide supracarburate.

Vanadiul este prezent în majoritatea oţelurilor nedeformabile pentru prelucrări la rece, în aproape toate oţelurile pentru prelucrări la cald şi în toate oţelurile rapide.

Scanned with OKEN Scanner

Wolframul are o acţiune similară cu cea a molibdenului, cărula îi este asociat adesea, mai ales în cazul oţelurilor rapide, fiind un element care formează carburi foarte dure şi care creşte duritatea şi stabilitatea la cald.

Wolframul constituia, în trecut, elementul de bază al oţelurilor rapide şi al oţelurilor rezistente la cald. In prezent, se face simţită tendinţa de a-l înlocui, în întregime sau parţial, cu molibden, care este mai economic şi, adesea, mai performant.

Cobaltul nu formează carburi şi frînează precipitarea carburilor în masa martensitică în timpul revenirii sau al prelucrării la cald a oţelurilor. Din această cauză, cobaltul contribuie într-un mod foarte eficace la creşterea durităţii oţelurilor la cald. Este prezent în unele oţeluri rapide foarte performante (Rp 1 şi Rp 2).

Sulful nu este un element de aliere propriu-zis şi acţiunea sa defavorabilă asupra tenacităţii este bine cunoscută.

2.2.2. Mărci şi domenii de utilizare

Diversitatea domeniilor de utilizare şi cerinţele foarte diferite în ceea ce priveşte proprietăţile de întrebuinţare ale acestor oţeluri au condus la apariţia unui mare număr de mărci din oţel în această clasă. Decretul Consiliului de Stat referitor la tipizarea produselor metalurgiei feroase a reţinut un nu măr de 14 mărci de oţel aliat pentru scule, cu conţinuturi diferite în elemente de aliere. Aceste oţeluri sînt grupate în STAS 3611 - 80. La acestea se adaugă 4 mărci de oţel inoxidabil şi refractar, cuprinse în STAS 3583 şi 11523 - 80, care se utilizează şi în fabricaţia de scule. Cu aceste 18 mărci tipizate de oţeluri pentru scule se acoperă toate cerinţele impuse în fabricaţia de scule, după cum urmează:

- pentru confecţionarea de scule aşchietoare şi aparate de măsurat sînt tipizate 3 mărci de oţel: MCW 14, VM 18 şi CW 20;
- pentru confecţionarea de scule destinate prelucrărilor la rece prin deformare, 6 mărci de oţel: C 120, VMoC 120, CV06, 30 Cr 130, 40 Cr 130 şi 90 VMoCr 180;
- pentru confecţionarea de scule destinate prelucrărilor la cald prin deformare, 8 mărci de oţel: VCW 85, MoCN 15, VMoCN 17, MoVC 30, MoVC 50.10, MoVC 50.13, MoWC 53 şi 12 SiCrNi 360;
- pentru confecţionarea de scule pneumatice, 1 marcă de oţel: VSCW 20.

Prezenţa elementelor de aliere, uneori în conţinuturi apreciabile, conferă oţelurilor din această clasă proprietăţi superioare oţelurilor carbon pentru scule, în mod deosebit:

- călibilitate foarte ridicată, care permite să se substituie călirii în apă, medii sau procedee de călire cu acţiune mai progresivă;

- la duritate egală, o mai bună rezistenţă la uzură datorită prezenţei carburilor mai dure decît cementita;

- înmuiere mai mică sau chiar nulă, în caz de încălzire în timpul lucrului;

- o mai bună comportare la şocuri mecanice, o cvasinedeformabilitate după tratamentele termice sau o excelentă rezistenţă la coroziune.

2.2.2.1. Oţeluri aliate de scule pentru prelucrări la rece

Pentru simplificarea prezentării, am inclus în această grupă toate oţelurile aliate de scule, a căror temperatură de întrebuinţare se situează, de regulă, sub 250°C, adică:

- oţelurile pentru confecţionarea de scule aşchietoare şi aparate de măsurat, care se caracterizează printr-o rezistenţă ridicată la uzură şi au o structură hipereutectoidă;

- oţelurile pentru confecţionarea de scule rezistente la uzură, destinate prelucrării prin deformare la rece şi care au o structură hipereutectoidă;

- oţelurile pentru confecţionarea de scule foarte rezistente la uzură, destinate prelucrării prin deformare la rece şi care au o structură hipereutectoidă;

- oţelurile rezistente la coroziune, destinate confecţionării sculelor ce lucrează în medii mai mult sau mai puţin agresive şi care trebuie să prezinte suprafeţe de lucru foarte lucioase, aceste oţeluri având structură martensitică sau ferito-martensitică;

- oţelurile pentru confecţionarea de scule pneumatice, care se caracterizează printr-o rezistenţă ridicată la şocuri mecanice şi au o structură eutectoidă.

In tabelul 2.2. sînt prezentate, după STAS 3583, 3611 şi 11523 din 1980, compoziţiile chimice şi principalele domenii de utilizare ale oţelurilor aliate de scule pentru prelucrări la rece.

2.2.2.2. Oţeluri de scule pentru prelucrări la cald

Oţelurile din această grupă sînt destinate confecţionării de scule pentru prelucrare la cald, adică la temperaturi de peste 250°C.

După condiţiile de întrebuinţare, oţelurile din această grupă sînt chemate să satisfacă una sau mai multe din următoarele cerinţe:

Scanned with OKEN Scanner

TABELUL 2.2.

Compoziţiile chimice şi domeniile de utilizare ale mărcilor de oţel aliat de scule pentru prelucrări la rece

Grupa oţelurilor	Simbolul mărcii de oţel [1]	Compoziţia chimică % C	M	Si	P max	S max	Cr	Ni max	Alte elemente	Domeniul de utilizare
Pentru scule aşchietoare şi aparate de măsurat.	MCW 14 (97Cr W 14)	0,90 1,05	0,8 1,1	0,15 0,35	0,030	0,025	0,95 1,25	0,35	W=1,2...1,6 Cu=max 0,30	Scule pentru prelucrări la rece, rezistente la uzură, ca: tarozi, bacuri de filiere, burghie, bucşe, scule de mandrinare, aparate de măsurat etc.
	CW 20 (105Cr W20)	1,00 1,10	0,15 0,40	0,15 0,35	0,030	0,025	0,60 0,90	0,35	W=1,8...2,2 Cu=max 0,30	
	VM 18 (90 VM 18)	0,85 0,95	1,70 1,90	max 0,35	0,030	0,025	max 0,35	0,35	Cu=max 0,30	Scule de precizie nedeformabile, ca: filiere, calibre, şabloane, matriţe, ştanţe la rece.
Pentru scule rezistente la uzură destinate prelucrării prin deformare la rece.	C V 06 (117 V Cr 6)	1,10 1,25	0,20 0,40	0,15 0,30	0,035	0,035	0,50 0,80	-	V=0,07...0,12 Cu=max 0,3	Scule rezistente pentru deformare la rece; ca: burghie, tarozi, alezoare, freze, scule de gravat.
Pentru scule foarte rezistente la uzură destinate prelucrării prin deformare la rece.	C120 (200 Cr 120)	1,80 2,20	0,15 0,45	0,15 0,35	0,030	0,025	11,0 13,0	0,35	Cu=max 0,3	Scule nedeformabile şi foarte rezistente la uzură, ca: bucşe, filiere, tarozi, mandrine, scule pentru ambutisare foarte adîncă, arbori cu came etc.
	VMoC 120 (150VMoCr120)	1,45 1,65	0,15 0,45	0,15 0,35	0,030	0,030	11,0 12,5	0,35	Mo=0,4...0,6 V=0,15...0,3 Cu=max 0,3	

TABELUL 2.2. (continuare)

Grupa oţelurilor	Simbolul mărcii de oţel	Compoziţia chimică %								Domeniul de utilizare
		C	M	Si	P max	S max	Cr	Ni max	Alte elemente	
Pentru scule pneumatice.	VSCW 20 (45VSiCrW20)	0,40 0,50	0,20 0,40	0,80 1,20	0,030	0,025	1,0 1,3	0,35	V=0,15...0,3 W=1,8...2,2 Cu=max 0,3	Scule rezistente la şocuri, ca: buterole, dăliţi pneumatice, ştanţe, matriţe pentru deformări la rece, sfredele de mină etc.
Pentru scule cu suprafeţe de lucru foarte lucioase.	80 Cr 130	0,25 0,35	1,0	1,0	0,040	0,030	12,0 14,0	1,0		Scule de tăiere, piese pentru aparate de măsurat, lame de cuţit, articole de menaj, oţeluri suficient de rezistente în condiţiile de acţiune a apei, aburului şi atmosferei de soluţii apoase ale sărurilor acizilor organici de concentraţie slabă la temperaturi de max. 300°C.
	40 Cr 130	0,35 0,45	1,0	1,0	0,040	0,030	12,0 14,0			
	90 VMoCr180	0,85 0,95	1,0	1,0	0,045	0,030	17,0 19,0	-	Mo=0,9...1,3 V=0,07...0,12	Instrumente medicale şi scule supuse la uzură prin frecare, în mediu corosiv.

Simbolurile din paranteză sînt alcătuite conform regulilor standardizate pentru simbolizarea oţelurilor aliate.

- comportare mecanică bună la temperaturile de întrebuinţare; în mod deosebit, o rezistenţă satisfăcătoare la şocuri mecanice, la deformarea prin fluaj sub presiuni ridicate şi la uzură;

- rezistenţă la şocuri termice, definită ca aptitudine satisfăcătoare de a suporta schimbări rapide de temperatură;

- rezistenţă la oboseală termică, proprietate ce constă într-o rezistenţă ridicată la fisurare după un număr mare de cicluri alternante, de încălziri şi răciri în timpul lucrului.

Oţelurile de scule pentru prelucrări la cald se împart în patru subgrupe:

- oţeluri rezistente la şocuri mecanice;
- oţeluri rezistente la şocuri termice;
- oţeluri rezistente la uzură la temperaturi ridicate;
- oţeluri rezistente la uzură la temperaturi foarte ridicate.

Oţelurile din primele trei grupe au o structură martensitică, iar cele din grupa a patra o structură austenitică. Oţelurile cu structură martensitică se caracterizează prin conţinuturi medii sau scăzute de carbon şi prin prezenţa elementelor de aliere: Cr, Ni, W, V, Mo şi Si. Acţiunea acestor elemente de aliere se exercită pe două planuri:

- unele, ca: molibdenul, vanadiul, wolframul şi,în mai mică măsură,siliciul şi cromul se opun înmuierii sau fluajului la cald şi îmbunătăţesc rezistenţa la uzură;
- celelalte, ca: nichelul, cromul, dar şi molibdenul şi wolframul, măresc călibilitatea şi permit obţinerea structurilor şi durităţilor necesare în cazul sculelor masive, puternic solicitate.

Marca de oţel 12SiCrNi 360 din grupa a patra se deosebeşte considerabil de oţelurile martensitice din primele trei grupe prin prezenţa unor conţinuturi ridicate de nichel şi crom; acestea conferă oţelului în cauză o structură austenitică, amagnetică, ca şi o bună rezistenţă la oxidare la cald şi la fluaj, în timp ce rezistenţa lui la tracţiune şi limita de curgere la temperatura normală sînt mici.

In tabelul 2.3. sînt prezentate compoziţiile chimice şi principalele domenii de utilizare ale oţelurilor aliate de scule pentru prelucrări la cald (STAS 3611 şi 11523-80).

2.3. Oţelurile rapide pentru scule

Oţelurile pentru aşchiere cu viteze mari, denumite în mod curent oţeluri rapide, prezintă proprietatea comună de a obţine după călire o duritate foarte ridicată şi de a păstra la temperaturi înalte,de ordinul a 600 - 650°C, la un nivel superior în comparaţie cu toate celelalte oţeluri. Datorită acestei proprietăţi remarcabile, care în mod uzual este definită ca rezistenţă la "roşu", oţelurile rapide au cunoscut o dezvoltare considerabilă în fabricaţia de scule pentru aşchieri cu viteze mari, supuse la în-

TABELUL 2.3

Compoziţiile chimice şi domeniile de întrebuinţare ale oţelurilor aliate de scule pentru prelucrări la cald

Grupa oţelurilor	Simbolul mărcii de oţel [1]	Compoziţia chimică, %									Domeniul de utilizare
		C	M	Si	P max	S max	Cr	Mo	V	Alte elemente	
Rezistente la şocuri mecanice	MoCN 15 (55MoCrNi15)	0,50 0,60	0,50 0,80	0,15 0,35	0,030	0,030	0,60 0,80	0,15 0,30		Ni=1,3...1,6 Cu=max 0,3	Scule pentru forjare şi presare la cald, ca: matriţe mari ce lucrează în condiţii foarte grele, matriţe pentru injectat mase plastice, nicovale mari, cilindri de laminor.
	VMoCN17 (57VMoCrNi17)	0,52 0,62	0,60 0,80	0,15 0,35	0,025	0,030	1,0 1,2	0,50 0,60	0,10 0,20	Ni=1,6...1,9 Cu=max 0,3	
Rezistente la şocuri termice	MoVC50.10 (39VSiMoCr53)	0,36 0,42	0,30 0,50	0,9 1,2	0,030	0,030	4,8 5,8	0,8 1,4	0,25 0,50	-	Scule pentru lucru la cald, ca: dornuri şi mandrine pentru piese de extruziune, matriţe pentru turnarea sub presiune a metalelor neferoase, dornuri pentru laminoare de ţevi etc.
	MoVC50,13 (40VSiMoCr52)	0,37 0,42	0,30 0,50	0,9 1,2	0,030	0 030	5,0 5,5	1,2 1,5	0,9 1,1	-	
	MoVc30 (30VCrMo33)	0,28 0,35	0,20 0,40	0,20 0,40	0,030	0,030	2,7 3,2	2,6 3,6	0,40 0,70	-	
	MoWC53 (36VSiWMoCr53)	0,32 0,40	0,30 0,60	0,90 1,20	0,035	0,035	5,0 5,6	1,3 1,6	0,15 0,40	W=1,2...1,4 Cu=max 0,3	

Scanned with OKEN Scanner

TABELUL 2.3. (continuare)

Grupa oţelurilor	Simbolul mărcii de oţel[1)]	Compoziţia chimică, %									Domeniul de utilizare
		C	M	Si	P max	S max	Cr	Mo	V	Alte elemente	
Rezistente la uzură în condiţii de temperaturi ridicate.	VCW 85 (30VCW82)	0,25 0,35	0,20 0,50	0,15 0,40	0,025	0,025	2,2 2,7		0,20 0,50	W=7,5...9,0 Ni=max 0,35 Cu=max 0,30	Matriţe şi dornuri pentru lucru la temperaturi de maximum 700°C, foarfeci şi cuţite pentru tăiat metale la cald, scule pentru refulare la cald, elemente componente ale sculelor şi dispozitivelor pentru turnarea sub presiune.
Rezistente la temperaturi foarte înalte.	12SiCrNi360	max 0,15	max 2,0	1,0 2,0	0,030	0,020	15,0 17,0	34,0 37,0			Scule cărora li se cere o stabilitate dimensională ridicată la temperaturi foarte înalte.

Simbolurile dintre paranteze sînt alcătuite în conformitate cu regulile standardizate pentru simbolizarea oţelurilor aliate.

Scanned with OKEN Scanner

călziri prelungite şi uzuri severe.

Aptitudinea specifică oţelurilor rapide de a păstra o duritate ridicată la cald, este ilustrată grafic în figura 2.1, care redă evoluţia comparativă a acestei proprietăţi la oţelul rapid Rp 10 şi la alte trei oţeluri de scule, din care unul carbon şi două aliate.

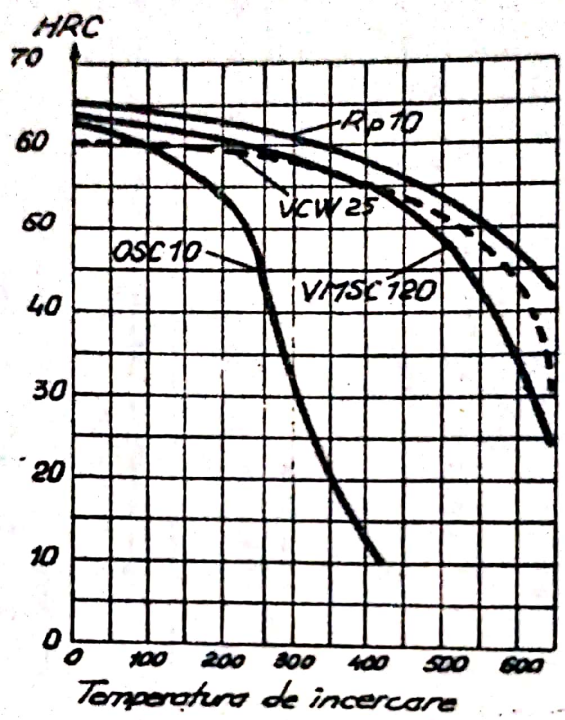


Fig. 2.1. Curbele comparative ale durităţii la cald a unui oţel rapid Rp10, a unui oţel aliat pentru prelucrări la rece VMoC120, a unui oţel de scule pentru prelucrări la cald VCW85 şi a unui oţel carbon de scule OSC10.

Utilizate, la început, exclusiv pentru prelucrarea prin aşchiere a metalelor, oţelurile rapide şi-au găsit, treptat, numeroase întrebuinţări şi în domeniul prelucrării metalelor fără degajare de aşchii, pentru:

- turnarea sub presiune, în cadenţă rapidă, a metalelor lichide;
- prelucrarea metalelor la rece prin extruziune;
- ştanţarea la rece;
- fabricaţia rulmenţilor cu bile şi role, rezistenţi la temperaturi înalte;
- fabricaţia pieselor de uzură prin frecare la cald, mai ales în hidrotehnică.

Producţia de oţeluri rapide a început să se dezvolte la sfîrşitul secolului trecut, primul tip de oţel rapid fiind produs în Franţa, la Unieux. Primele încercări de prelucrare prin aşchiere cu oţeluri rapide au fost făcute în Statele Unite ale Americii de către Taylor, în anul 1898, şi ele au demonstrat efectul miraculos al unei călîri la temperatură foarte ridicată, apropiată de punctul de fuziune, asupra vitezelor de aşchiere permise în cazul sculelor confecţionate din oţel rapid. Cu această ocazie, a fost pusă în evidenţă duritatea la cald remarcabilă a oţelurilor rapide. Taylor a produs o adevărată senzaţie la Expoziţia universală de la Paris, în anul 1900, cînd şi-a prezentat rezultatele cercetărilor efectuate, care l-au făcut celebru.

Primele încercări au fost realizate cu un oţel ce conţinea 1,8%C, 8%W şi 4%Cr. Ulterior, au fost întreprinse numeroase cercetări pentru a determina compoziţia chimică cea mai potrivită, atît de către Taylor cît şi de alţi cercetători. Aceste lucrări au permis ca în anul 1910 să se lanseze pe piaţă un oţel rapid, cu 0,75%C, 18%W, 4%Cr şi 1%V. Acest oţel, simbolizat la început cu notaţia 18-4-1, iar în prezent prin 18-0-1, rămîne şi astăzi prototipul oţelurilor rapide, el continuînd să figureze în toate standardele şi cataloagele referitoare la oţelurile rapide.

De atunci au fost lansate pe piaţă numeroase alte mărci de oţeluri rapide, cu compoziţii chimice mai specific adaptate diverselor întrebuinţări. Evoluţia compoziţiei oţelurilor rapide a marcat mai multe etape. Dintre acestea, menţionăm tendinţa de creştere a conţinutului de carbon ce a condus la oţeluri supracarburate care, în anumite cazuri, prezintă conţinuturi de carbon ce depăşesc 1,5%. Simultan, conţinutul de vanadiu al acestor oţeluri a crescut şi el, adesea în strictă legătură cu conţinutul de carbon. Aceste oţeluri obţin, în urma tratamentelor termice aplicate, durităţi mai ridicate. Întrebuinţarea lor nu se face, totuşi, fără probleme, necesitînd instalaţii speciale pentru tratamente termice; din acest motiv între mărcile tipizate de oţeluri rapide nu s-au reţinut astfel de oţeluri.

Adaosuri crescînde de cobalt au atras după sine ameliorări sensibile ale proprietăţilor de întrebuinţare a oţelurilor rapide. Astfel, din cele 6 mărci tipizate de oţeluri rapide, două conţin cobalt între 4,5 şi 6%.

O evoluţie importantă în ceea ce priveşte compoziţia chimică a oţelurilor rapide de scule o constituie înlocuirea progresivă a wolframului cu molibden. Molibdenul, a cărui greutate atomică este cu aproape 50% mai mică decît cea a wolframului, îl poate înlocui în oţelurile rapide în proporţie de 1 la 2, adică 1% Mo pentru 2%W (această problemă va fi tratată în detaliu în capitolul 4, cu ocazia prezentării mărcilor de oţel Rp 5 şi Rp 9).

Scanned with OKEN Scanner

Numărul mare de combinaţii posibile între diversele elemente de aliere prezente în compoziţia chimică a oţelurilor rapide a determinat dezvoltarea a numeroase mărci de oţel. Dintre acestea, în lucrările de tipizare, aprobate prin Decretul Consiliului de Stat nr. 99/1980, au fost reţinute 6 mărci de oţel (tabelul 2.4.).

In standardele româneşti de stat, oţelurile rapide sînt desemnate prin simbolul Rp, urmat de o cifră de la 1 la 10. In acelaşi timp, pe plan internaţional, ca şi în ţara noastră, se utilizează un sistem comun de notare, în funcţie de conţinutul mediu de wolfram, crom şi vanadiu. Astfel, în sistemul clasic de notare, simbolul de 18-4-1 defineşte oţelul rapid cu conţinuturi de 18%W, 4% Cr şi 1%V; doarece conţinutul de crom în oţeluri rapide se situează, întotdeauna, în jur de 4%, acest sistem de simbolizare a fost înlocuit cu un altul în care conţinutul de crom nu se mai indică. In plus, recurgerea la adaosuri crescînde de molibden şi cobalt au determinat completarea sistemului clasic de notare, conţinuturile medii indicîndu-se în următoarea ordine: wolfram, molibden, vanadiu şi cobalt. Astfel, simbolul 9-0-2-5 defineşte un oţel rapid, cu conţinturi de 9% W, 0%Mo, 2% V şi 5% Co.

Oţelurile care nu conţin cobalt sînt notate prin trei cifre, ca de exemplu:

- 18-0-1 înseamnă un oţel rapid care conţine 18% W, 0% Mo şi 1% V;
- 6-5-2 un alt oţel rapid cu conţinuturi de 6% W, 5% Mo şi 2% V.

Cele 6 mărci de oţeluri rapide, cuprinse în standardul de stat, STAS 7382-80, sînt subclasificate în două grupe:

- oţelurile din prima grupă nu conţin cobalt şi sînt denumite oţeluri de bază (această grupă cuprinde 4 mărci de oţel);
- oţelurile din a doua grupă conţin cobalt şi sînt în număr de două.

Toate mărcile de oţeluri rapide standardizate (tabelul 2.4.) conţin crom în cantităţi cuprinse între 3,6 şi 4,5 şi vanadiu în cantităţi cuprinse între 1 şi 2,6%.

2.4. Nomenclatorul mărcilor de oţel pentru scule tipizate în R.S.România şi corespondenţa lor cu cele produse în alte ţări

Corespondenţa între mărcile noastre de oţel pentru scule şi cele reglementate prin documente tehnice normative de standardizare în principalele ţări, producătoare de astfel de oţeluri, cu care ţara noastră întreţine relaţii comerciale sau efectuează schimburi de produse (U.R.S.S., Franţa, R.F.G. şi S.U.A) are la bază principiile stabi-

TABELUL 2.4

Compoziţiile chimice şi principalele domenii de utilizare a mărcilor de oţel rapid

Grupa oţelurilor	Simbolul mărcii de oţel	Compoziţia chimică, %										Domeniul de utilizare
		C	M	Si	P max	S max	Cr	W	Mo	V	Alte elemente	
Oţeluri de bază	Rp3	0,70 0,80	max 0,20 0,45 0,40		0,025	0,020	3,6 4,4	17,5 19,5	max 0,6	1,0 1,4		Scule de aşchiere cu viteze mari pentru materiale cu duritate ridicată: burghie, spirale, freze, tarozi, piepteni de filetat, dălţi, cuţite etc.
	Rp5	0,75 0,85	max 0,20 0,40 0,40		0,025	0,020	3,8 4,4	6,0 7,0	4,8 5,3	1,7 2,1		
	Rp9	0,95 1,03	max 0,20 0,45 0,40		0,030	0,020	3,8 4,5	2,7 3,0	2,5 2,8	2,25 2,50	Ni=max 0,4	Oţel rapid economic pentru scule de aşchiere supuse la uzură mare, în regim tehnic moderat, cum ar fi: burghie, freze etc.
	Rp10	0,78 0,85	0,10 0,10 0,40 0,40		0,025	0,020	3,75 4,00	1,00 1,65	8,0 9,0	1,00 1,25		Oţel rapid economic pentru scule de aşchiere cu regimuri uşoare şi materiale cu duritate mică, cum ar fi: burghie, scule de filetat, cuţite, freze etc.

TABELUL 2.4 (continuare)

Grupa oţelurilor	Simbolul mărcii de oţel	Compoziţia chimică, % C	M	Si	P max	S max	Cr	W	Mo	V	Alte elemente	Domeniul de utilizare
Oţeluri cu cobalt	Rp1	0,9 ... 1,0	max 0,45	0,20 ... 0,40	0,025	0,020	3,8 ... 4,4	9,0 ... 10,5	max 0,3	2,0 ... 2,6	Co = 5 ... 6 Ni = max 0,4	Scule pentru tăiere rapidă, puternic solicitate la uzură şi temperaturi ridicate, cum ar fi: cuţite, freze etc., precum şi scule de aşchiere cu viteze foarte mari pentru materiale dure: cuţite, freze etc.
	Rp2	0,7 ... 0,8	max 0,45	0,30 ... 0,40	0,025	0,020	3,8 ... 4,4	17,0 ... 18,5	max 0,3	1,0 ... 1,4	Co=4,5 ... 5,5 Ni = max 0,4	

Scanned with OKEN Scanner

lite prin standardul de recomandare R 4400-81 şi urmăreşte facilitarea posibilităţilor de documentare şi informare asupra acestei importante categorii de oţeluri. Se atrage atenţia, totuşi, că această corespondenţă nu este decît aproximativă, avînd în vedere numeroşii factori care intervin: puritate chimică şi incluzionară, condiţii de întrebuinţare, tratamente termice, natura şi dimensiunile produsului[1]. Din această cauză, este recomandabil ca utilizatorii să consulte specialiştii în alegerea oţelurilor sau institutele de specialitate pentru a obţine informaţiile suplimentare şi complementare de care au nevoie pentru a realiza o alegere raţională.

Tabelul 2.5. reuneşte toate mărcile de oţel pentru scule, standardizate la noi în ţară, şi indică mărcile corespondente ce se produc în ţările mai sus citate.

---

1) Oţelurile carbon de scule produse în celelalte ţări, cu deosebire în Franţa, se caracterizează printr-o puritate chimică mai ridicată (conţinuturi maxime de sulf şi fosfor la jumătate), ceea ce atrage după sine o mai mică pătrundere la călire, o fineţe mai ridicată a grăunţilor şi o mai mică sensibilitate la supraîncălzire.

Scanned with OKEN Scanner

TABELUL 2.6.

Nomenclatorul mărcilor tipizate de oţeluri de scule şi corespondenţa lor în cele produse în alte ţări

Tipul operaţiei de prelucrare căreia îi este destinată scula	Clasa oţelului şi standardul de stat corespunzător	Marca oţelului	Marca de oţel corespondentă ce se produce în: U.R.S.S. (GOST)	Franţa (AFNOR)	R.F.G. (DIN, SEW)	S.U.A. (AISI, ASTM, SAE)	
Prelucrare la rece cu/sau fără degajare de aşchii sau pilitură	oţeluri carbon STAS 1700-80	OSC 7	GOST 1435-74	NFA 35-590-78	SEW 150-71		Seria W1, cu conţinutul de carbon între 0,6 şi 1,4%. La cerere, sînt livrate oţeluri cu conţinuturi în afara acestor limite.
		OSC 8	Y 8	Y 1 80	C 67 W3		
		OSC 8 M	Y 8 G	Y 90	C 80 W 2		
		OSC 10.	Y 10	(Y 1 105)	(C 105 W 2)		
		OSC 11	Y 11	(Y 2 120)	(C 110 W 2)		
		OSC 13	Y 13	(Y 2 140)	(C 125 W 2)		
			GOST 5950-63	NFA 35-590-78	SEW 200-69 şi 250-70		
	oţeluri aliate STAS 3611-80	MCW 14	HVG	105 WC 13	105 WCr 6	07	
		VM 18		90 MV 8	90 MCrV 8	02	
		CW 20					
		CV 06		(Y 1 105 V)	115 CrV 3	seria W 3	
		C 120	H 12	Z 200 C 12	X 210 Cr 12	D 3	
		VMoC 120	H 12 M	Z 160 CKDV 12.03	X 165 Cr Mo V 12	D 5	
		VSCW 20	4 HV 2 S	55 WC 20	60 WCrV 7	S 1	

TABELUL 2.5 (continuare)

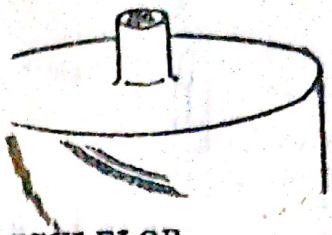
Tipul operaţiei de prelucrare căreia îi este destinată scula	Clasa oţelului şi standardul de stat corespunzător	Marca oţelului	Marca de oţel corespondentă ce se produce în: U.R.S.S. (GOST)	Franţa (AFNOR)	R.F.G. (DIN, SEW)	S.U.A. (AISI, ASTM, SAE)
	oţeluri inoxidabile STAS 3583 şi 11523-80	30 Cr 130	30 H 13	Z 30 C 13	X 30 Cr 13	440 B
		40 Cr 130	40 H 130	(Z 40 C 14)	X 40 Cr 13	
		90 VMoCr 180	(9 5 H 18)	Z 100 CD 17	X 90 CrMoV 18	
			GOST 19265-73	NFA 35-590-78	SEW 320 - 69	ASTM 600
	oţeluri rapide STAS 3782-80	Rp 1	R 9 K 5	-	-	-
		Rp 2	R 18 KSF 2	Z 80 WKCV	S 18-1-2-5	T 4
		Rp 3	R 18	(Z 80 WCV)	S 18-0-1	T 1
		Rp 5	(R 6 W 8)	Z 85 WDCV	S 6-5-2	M 2
		Rp 9	-	-	S 3-3-2	
		Rp 10	-	Z 85 DCWV	S 2-9-1	M 1
Prelucrare la cald			GOST 1435-74	NFA 35-590-78	SEW 150 - 71	
	Oţeluri carbon STAS 1700-80	OSC 7	Y 7	Y 1 70	C 67 W 3	Seria W 1
		OSC 8	Y 8	Y 1 80	C 80 W 2	
		OSC 10	Y 10	(Y 1 105)	(C 105 W 2)	
	Oţeluri aliate STAS 1700-80		GOST 5950-63	NFA 35-590-78	SEW 250 - 70	
		VCW 85	3 H 2 V 8 F	Z 30 WCV 9	X 30 CrV 93	M 21
		MoCN 15	5 HNM	-	55 NiCrMoV 6	-
		VMoCN 17	-	55 NCDV 7	56 NiCrMoV 7	(L 6)
		MoVC 30	-	32 DCV 28	X 32 CrMoC 3.3	H 10
		MoVC 50.10	-	Z 38 CDV 5	X 38 CrMoV 5.1	H 11
		MoVC 50.13	-	Z 40 CVD 5	X 40 CrMoV 5.1	H 13

Scanned with OKEN Scanner

TABELUL 3.8. (continuare)

Tipul operației de prelucrare căreia îi este destinată scula	Clasa oțelului și standardul de stat corespunzător	Marca oțelului	Marca de oțel corespondentă ce se produce în: U.R.S.S. (GOST)	Franța (AFNOR)	R.F.G. (DIN, SEW)	S.U.A (AISI, ASTM, SAE)
		MoWC 53	-	Z 35 CWDV 5	X 37 CrMoW 5.1	H 12
	Oțeluri refractare STAS 11 523-60	12 SiCrNi 360	-	NFA 35-578-70 Z 12 NCS 37.16	SEW +70-76 X 12 NiCrSi 36.16	SAE J 405 d 30330
			GOST 1435-74	NFA 35-590-78	SEW 150 - 71	
	Oțeluri carbon STAS 1700-80	OSC 10	Y 10	(Y 1 105)	(C 105 W 2)	Seria W 1
		OSC 11	Y 11	(Y 2 120)	(C 110 W 2)	
		OSC 13	Y 13	(Y 2 140)	(C 125 W 2)	
			GOST 5950-63	NFA 35-590-78	SEW 250 - 70	
	Oțeluri aliate STAS 3611-80	MCW 14	HVG	105 WC 13	105 WCr 6	07
		CW 20	-	90 MV 8	90 MCrV 8	02
		VM 18	-	-	-	-
		C 120	H 12	Z 200 C 12	X 210 Cr 12	D 3

( ) | corespondență aproximativă



CAPITOLUL III

UZURA SI DISTRUGEREA SCULELOR

Pentru a se putea înţelege mai bine domeniile de utilizare ale diferitelor mărci de oţeluri de scule este necesar să cunoaştem cauzele cele mai frecvente ale uzurii şi/sau distrugerii premature a sculelor în timpul exploatării, al tratamentelor termice sau al operaţiilor de finisare. Trecerea în revistă a acestora atrage atenţia asupra cauzelor sistematice de rupere sau scoatere din uz a sculelor, fără a epuiza toate cauzele care pot conduce la scoaterea prematură din serviciu a sculelor.

3.1. Examinarea rupturilor

Orice cercetare metodică asupra unei rupturi trebuie să înceapă printr-o examinare atentă cu ochiul liber a celor două suprafeţe de rupere, aprofundată în anumite locuri prin examinarea cu lupa sau cu un microscop binocular, cu mărire redusă. Faţetele rupturii, morfologia sa, locul rupturii şi evoluţia acesteia furnizează informaţii deosebit de importante, uneori de neînlocuit. Această tehnică, numită fractografie, a fost descrisă într-un alt îndrumar (2).

O altă tehnică pentru studierea suprafeţelor de rupere, de o extremă fineţe, a fost dezvoltată în ultimele două decenii. Este vorba de microfractografie, care constă într-o examinare a rupturilor, fie direct cu microscopul electronic cu baleiaj, fie pe replici cu microscopul electronic universal, cu măriri de mii sau chiar zeci de mii de ori (2). Această tehnică, care aduce informaţii de foarte mare valoare pe plan metalurgic, nu este evident accesibilă decît în laboratoare specializate.

Examinarea rupturilor va fi completată printr-un studiu sistematic al principalilor factori care pot interveni pentru a scoate din serviciu o sculă.

3.2. Examinarea cauzelor distrugerii sculelor

Informaţiile culese din examinarea unui număr foarte mare de cazuri din practica industrială permit să se coreleze cele mai frec-

...re ale sculelor de următorii şapte factori:
...ia geometrică necorespunzătoare a sculei;
... în condiţii necorespunzătoare a tratamentului

...rea defectuoasă (fisuri superficiale);
... incorecte de utilizare;
- defecte de forjare sau prelucrare;
- alegerea necorespunzătoare a mărcii de oţel sau defecte de material;
- oboseală.

3.2.1. Configuraţia geometrică necorespunzătoare

Configuraţia geometrică a sculei joacă un rol esenţial pentru repartizarea tensiunilor în serviciu. Este deosebit de important ca masa sculei, îndeosebi în cazul matriţelor pentru prese, să fie convenabil dimensionată şi pereţii cavităţii suficient de groşi pentru a evita fisurile de oboseală în exploatare. Muchiile ascuţite trebuie evitate în măsura posibilului. In cazul muchiilor şi ieşiturilor sculelor de presare la cald sau a formelor metalice, care adesea sînt supuse unei încălziri excesive şi unor tensiuni mecanice ridicate, trebuie asigurată o răcire corespunzătoare. In plus, sculele care prezintă schimbări importante sau frecvente de secţiune vor fi dificil de tratat termic, datorită tensiunilor care se dezvoltă la călire, în urma vitezelor de răcire foarte inegale.

Figurile 3.1. ... 3.5 ilustrează cîteva cazuri de rupere şi fisurare a sculelor în cursul tratamentelor termice, datorită, fie configuraţiei necorespunzătoare, fie unei alegeri inadecvate a mărcii de oţel pentru modul de călire practicat.

Scanned with OKEN Scanner

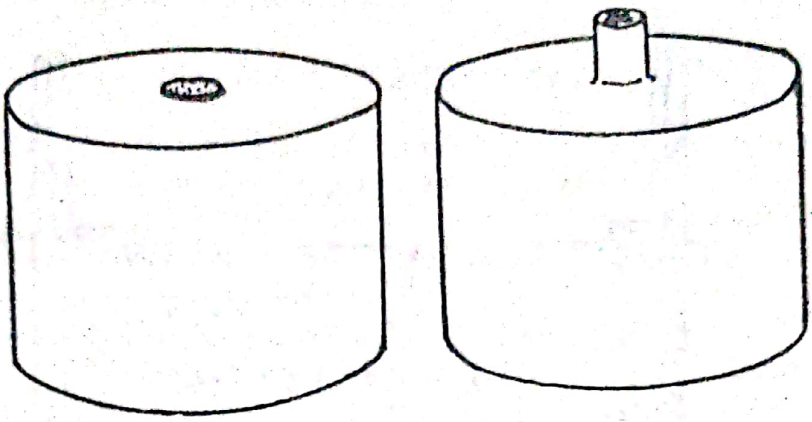


Fig. 3.1. Cilindrii fabricaţi din marca de oţel VM 18, călîţi în ulei. Axul de 16 mm diametru s-a detaşat complet de corpul de 100 mm diametru, datorită concepţiei defectuoase a sculei, care ar fi trebuit să fie executată din două piese sau dintr-un oţel călibil în aer (24)

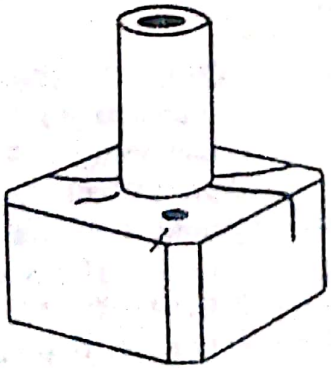
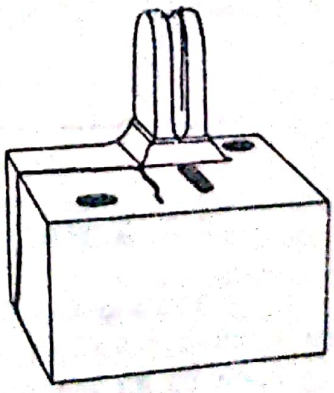


Fig. 3.2. Fisuri de călire într-o matriţă de 80 mm latură, din oţel VM 18, călită în ulei. Ele au fost provocate de unghiul prea viu la joncţiunea dintre corpul matriţei şi manşonul cilindric. Fisurile ar fi putut fi evitate fie prevăzînd o racordare mai lentă, fie protejînd manşonul cilindric printr-o mască termică sau utilizînd un oţel călibil în aer (24).

Fig. 3.3. Matriţă de 100 x 900 mm fisurată în cursul călirii în ulei. Coloraţia gălbuie a feţelor fisurii arată că aceasta s-a produs la călire, înaintea revenirii. Cauza probabilă a acestui accident o constituie tensiunile provocate de diferenţa excesivă dintre secţiunea bazei şi cea a capului matriţei. Utilizarea unui oţel călibil în aer ar fi evitat rebutarea (24).



Scanned with OKEN Scanner

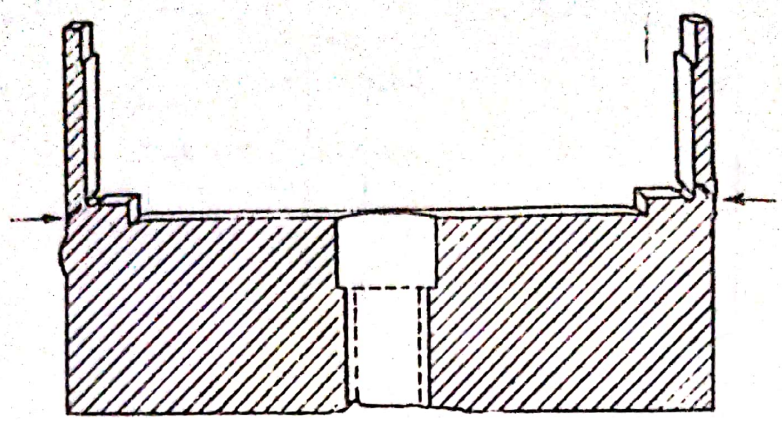


Fig. 3.4. Fisuri apărute, în timpul călirii în apă, la o sculă de 250 mm diametru, fabricată dintr-un oţel carbon. Cauza acestor fisuri este atribuită nivelului ridicat al tensiunilor dezvoltate, în timpul călirii, la joncţiunea dintre pereţii şubţiri (duritatea atinsă 62 HRC) şi baza masivă (durităţi variind între 38 şi 59 HRC) (24).

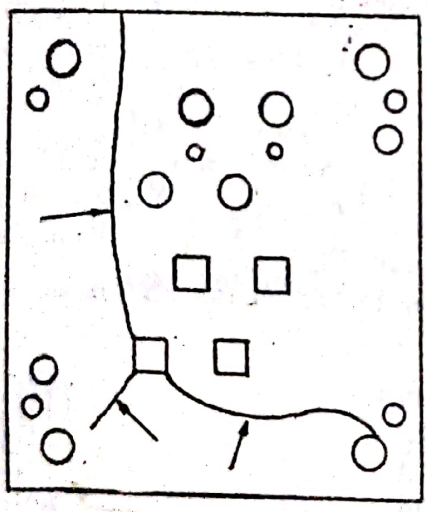


Fig. 3.5. Matriţă de ştanţare de 115x100x x30 mm, crăpată, după călirea în ulei, la cele 3 muchii vii ale unui orificiu de secţiune pătrată. Fisurile ar fi putut fi evitate procedînd la o bucşare a găurii sau aplicînd un mediu de călire mai puţin energic (băi de săruri topite sau călire în aer) (24).

3.2.2. Tratament termic efectuat necorespunzător

Tratamentul termic trebuie condus cu maximă rigurozitate pentru a putea satisface cerinţele severe de calitate impuse sculelor, care adesea nu se pot îndepărta, nici chiar la o diferenţă minimă, de

Biblioteca Personală
Nr.
MANTALE C-TIN.

valorile optime ale caracteristicilor lor.

3.2.2.1. Recoacerea

Recoacerea trebuie să confere oţelului o duritate şi o microstructură care să permită o prelucrare uşoară sau să faciliteze formarea cavităţii active de lucru a formelor prin presiunea de contact. Recoacerea are şi rolul de a îndepărta tensiunile interne create prin operaţiile anterioare şi să uşureze operaţia de călire. In funcţie de marca oţelului şi temperatura de recoacere, piesa poate fi răcită în aer calm, în forme metalice umplute cu materiale izolante sau în cuptor. Uneori, există interesul de a practica o răcire izotermă, care constă într-o austenitizare completă, urmată de o răcire întreruptă printr-o menţinere la o temperatură la care austenita se transformă complet în ferito-perlită sau cementito-perlită.

Operaţiile de prelucrare prin aşchiere pot introduce şi ele tensiuni interne în oţel care vor trebui îndepărtate printr-o recoacere de relaxare, pentru a evita deformaţiile de călire.

3.2.2.2. Călirea

Călirea este o operaţie de importanţă capitală. Incălzirea trebuie realizată progresiv pînă la o temperatură de 600°C şi aceasta cu atît mai încet cu cît piesa va fi mai masivă şi oţelul mai aliat. O încălzire necorespunzătoare poate provoca distorsiunea sculei. In nici un caz nu va trebui introdusă piesa rece într-un cuptor aflat la roşu. Oţelurile aliate prezintă o conductivitate termică mai mică decît oţelurile carbon şi, din această cauză, trebuie încălzite mai lent. Este, totuşi, recomandat, pentru oţelurile care se încălzesc peste 900°C sau pentru piese masive, să se treacă printr-un al doilea palier, în jur de 750°C - 800°C, scurtîndu-se menţinerea la temperatură.

Menţinerea la temperatură va trebui să fie de durată suficientă pentru a putea permite o egalizare a miezului piesei. Se recomandă o durată de menţinere la temperatura de călire de 2 minute pentru fiecare mm de grosime secţiune utilă, începînd din momentul în care suprafaţa piesei a atins temperatura necesară.

Oxidarea şi decarburarea, ale căror efecte devin sensibile peste 750°C, vor fi evitate prin recurgerea la atmosfere controlate sau protectoare la cuptoare sub vid, a căror utilizare tinde să se generalizeze sau chiar la băi de săruri adecvate. Cînd nu se dispune de astfel de mijloace, se poate realiza o protecţie corespunzătoare prin utilizarea unor forme umplute cu pilitură de fontă sau cărbune de lemn. Nu

trebuie să se piardă din vedere că atmosferele reducătoare, de combustibil incomplet arşi, conţin CO_2 şi vapori de apă, care sînt mai decarburaţi decît aerul ambiant. Aceasta, prin acţiunea sa oxidantă, creează un strat de oxid, a cărui grosime creşte progresiv, micşorînd direct proporţional stratul decarburat.

Temperatura de călire va fi cea prescrisă în standarde pentru marca de oţel considerată. O temperatură prea ridicată sau o menţinere prea îndelungată conduce la o mărire a grăuntelui care se traduce prin mari deformaţii la călire şi o fragilitate excesivă a sculei. O temperatură prea joasă sau o menţinere prea scurtă nu permite să se atingă o duritate constantă şi suficientă şi, de aici, rezultă o comportare mediocră a sculei în exploatare.

In timpul călirii, este necesar să nu se abată de la următoarele două reguli:

- piesa trebuie scoasă din mediul de răcire de îndată ce a atins temperatura băii de sare sau a uleiului cald. In cazul călirii în apă rece, piesa se va scoate la 50 - 60°C;

- piesa trebuie transportată rapid în cuptorul de revenire uşor încălzit, a cărui creştere de temperatură va fi astfel reglată, încît să conducă progresiv piesa la temperatura dorită.

Figurile 3.6. şi 3.7 ilustrează două cazuri de rupere, provocate de nerespectarea acestor reguli.

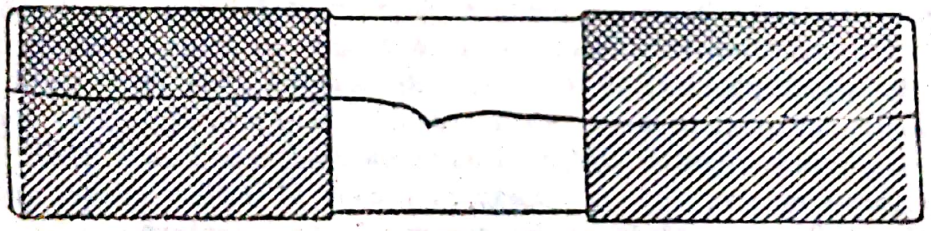


Fig. 3.6 Fisură într-un calibru de 40 mm diametru, provocată de o revenire prea lungă după călire, cu toată absenţa schimbărilor bruşte de secţiune (24).

Mediul de răcire (apă, ulei, sare topită, aer) sau recurgerea la călirea în trepte vor fi stabilite în funcţie de oţel şi de configuraţia geometrică a sculei. Cu cît geometria acesteia va comporta mai multe schimbări de secţiune, colţuri sau cavităţi, cu atît viteza de călire va trebui să fie mai redusă, iar oţelul va fi ales astfel încît să poată fi călit în consecinţă. Călirea în aer permite să se evite fisurile şi deformaţiile care s-ar produce la o călire în medii lichide. Călirea în trepte, băi de sare apoi aer, concură în acelaşi scop şi permite să se

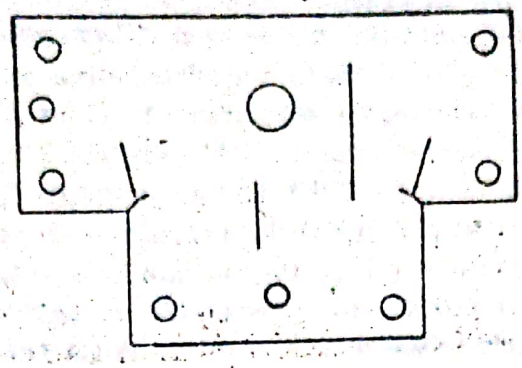


Fig. 3.7. Crăpături produse într-o matriţă de ştanţare de 230 x 150 x 25 mm, executată dintr-un oţel VCW 85, călită în ulei. Fisurile au drept cauză existenţa unui interval de timp prea mare între călire şi revenire şi ele s-au produs în locurile cele mai sensibile, adică la cele două colţuri ale sculei (24).

atingă durităţi, de regulă, superioare celor la călirea în aer.

Diverse procedee şi tehnici de atelier, mai ales bucşarea protectoare a găurilor şi scobiturilor, acoperirea unor părţi subţiri cu manşoane protectoare, călirea sub presă, redresarea pieselor lungi în timpul călirii şi procedeele de călire locală sau parţială permit să se rezolve într-o manieră satisfăcătoare problemele călirii dificile.

Călirea martensitică în trepte (7) şi, mai rar, călirea bainitică reprezintă, de multe ori, soluţii satisfăcătoare pentru rezolvarea problemelor complexe ale călirii. Stăpînirea unor astfel de tratamente, precum şi înţelegerea profundă a fenomenelor fizico-chimice care se produc în timpul călirii oţelului sînt, în mare măsură, facilitate de cunoaşterea curbelor TTT (timp-temperatură-transformare) şi TRC (transformarea austenitei la răcire continuă). Acestea, stabilite, plecînd de la structura austenitică a oţelurilor înainte de călire, indică mecanismele de transformare ale austenitei în produse de descompunere-ferită, carburi, perlită, bainită sau martensită - în funcţie de temperatură şi timp. Studiul acestor curbe, început de metalurgiştii americani Bain şi Daventport acum circa 50 de ani şi continuat, de atunci, de numeroşi metalurgişti din diferite ţări, a permis cunoaşterea fenomenelor ce se dezvoltă în timpul tratamentelor termice şi, prin aceasta, a determinat progrese considerabile. Curbele TTT şi TRC nu vor fi tratate în această lucrare; cei ce doresc să studieze aspectele legate de interpretarea curbelor TTT şi TRC pot consulta litera-

tura de specialitate (3; 11).

Un exemplu de utilizare a diagramei TRC pentru înţelegerea tensiunilor de călire, care pot determina apariţia de fisuri, este dat în figura 3.8. Exemplul se referă la o bară rotundă cu diametrul de 100 mm, dintr-un oţel cu 1,05%C, 1,25% Cr, 1,1%Mn şi 1,4%W (MCW 14), călită în apă. Călibilitatea acestui oţel este astfel că, după călire, bara este martensitică la suprafaţă şi perlitică în miez. Diagrama TRC a acestui oţel şi mecanismul de transformare de la suprafaţă şi din miezul barei este prezentată în partea superioară a figurii. Diagrama din partea inferioară redă evoluţia tensiunilor de tracţiune şi compresiune de la suprafaţă şi din miez, în timpul călirii.

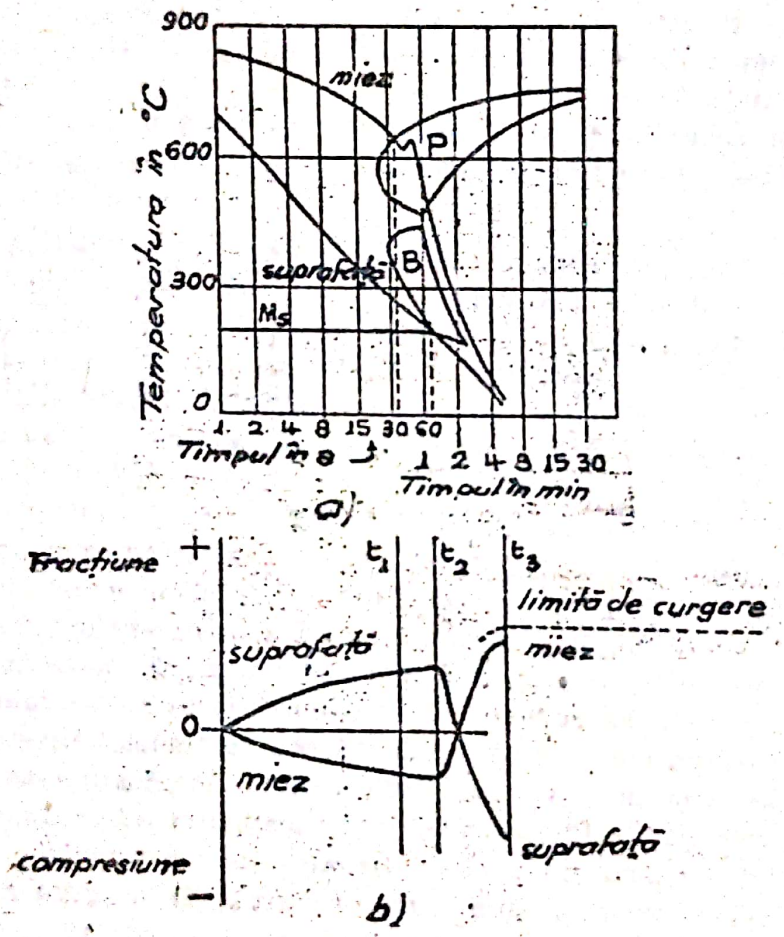


Fig. 3.8. a) Diagrama de transformare a austenitei la răcire continuă pe care s-au trasat curbele de răcire ale suprafeţei şi miezului unei bare rotunde de 100 mm diametru dintr-un oţel MCW 14, călită în aer; P = domeniul perlitic; B = domeniul bainitic; M_S = începutul transformării martensitice; b) - evoluţia, în funcţie de timp, a tensiunilor de tracţiune şi compresiune la suprafaţă şi în miezul barei, în timpul călirii.

Pînă în momentul t_1, suprafaţa care se găseşte încă în stare austenitică, răcindu-se sensibil mai repede decît miezul, se contractă şi suferă tensiuni crescînde de compresiune. In momentul t_1, miezul îşi începe transformarea perlitică, iar creşterea volumului care rezultă este mai mult compensată de contracţia datorată răcirii accelerate. In momentul t_2, transformarea perlitică a miezului este terminată şi începe formarea martensitei (M_s). Aceasta din urmă provoacă o dilatare sensibilă la suprafaţă, în timp ce perlita din miez, răcindu-se, se contractă. Sensul tensiunilor se inversează rapid, trecînd la compresiune la suprafaţă şi la tracţiune în miez. Valoarea tensiunii de tracţiune în miez va fi cu atît mai ridicată cu cît grosimea zonei martensitice de la suprafaţă va fi mai mare. Aceste tensiuni de tracţiune pot, astfel, să depăşească valoarea critică şi să provoace fisuri brutale, de natură explozivă, uşor sesizabile auditiv.

Un exemplu referitor la efectele interacţiunii tensiunilor de sens opus este prezentat în figura 3.9., care ilustrează încercările de călire în apă, efectuate pe o serie de 4 bare cu diametrul de 25, 50, 100 şi 150 mm diametru, din oţel MCW 14.

Bara de 25 mm diametru, călită în miez, evidenţiază fisuri fine longitudinale, provocate de dilatarea martensitei din miez, care se formează după cea de la suprafaţă.

Barele rotunde de 50 şi 100 mm diametru prezintă un strat martensitic de la 10 la 20 mm grosime, iar tensiunile finale n-au fost suficient de puternice pentru a provoca fisuri. Nu acesta a fost şi cazul barei de 150 mm diametru, ale cărei tensiuni de tracţiune din miez au provocat crăpături mari, atît transversale, cît şi longitudinale.

3.2.2.3. Operaţia de revenire

Operaţia de revenire, care succede imediat călirii, trebuie efectuată cu respectarea prescripţiilor din standarde pentru marca utilizată. In mod deosebit, trebuie respectată durata de menţinere. Unele mărci de oţel necesită mai multe reveniri şi, uneori, tratamente prin frig (răcire la temperaturi de la - 60 la - 100°C, urmată de revenire). Această operaţie contribuie la transformarea austenitei reziduale şi îmbunătăţeşte stabilitatea dimensională. Ea nu este, totuşi, lipsită de pericole, datorită tensiunilor de tracţiune ce se dezvoltă în masa metalului, fragilizat de temperatura scăzută.

O importanţă deosebită prezintă legea echivalenţei dintre durata de menţinere şi temperatura de revenire, stabilită de Hollomon şi Jaffe. Numeroase studii efectuate în scopul precizării condiţii-

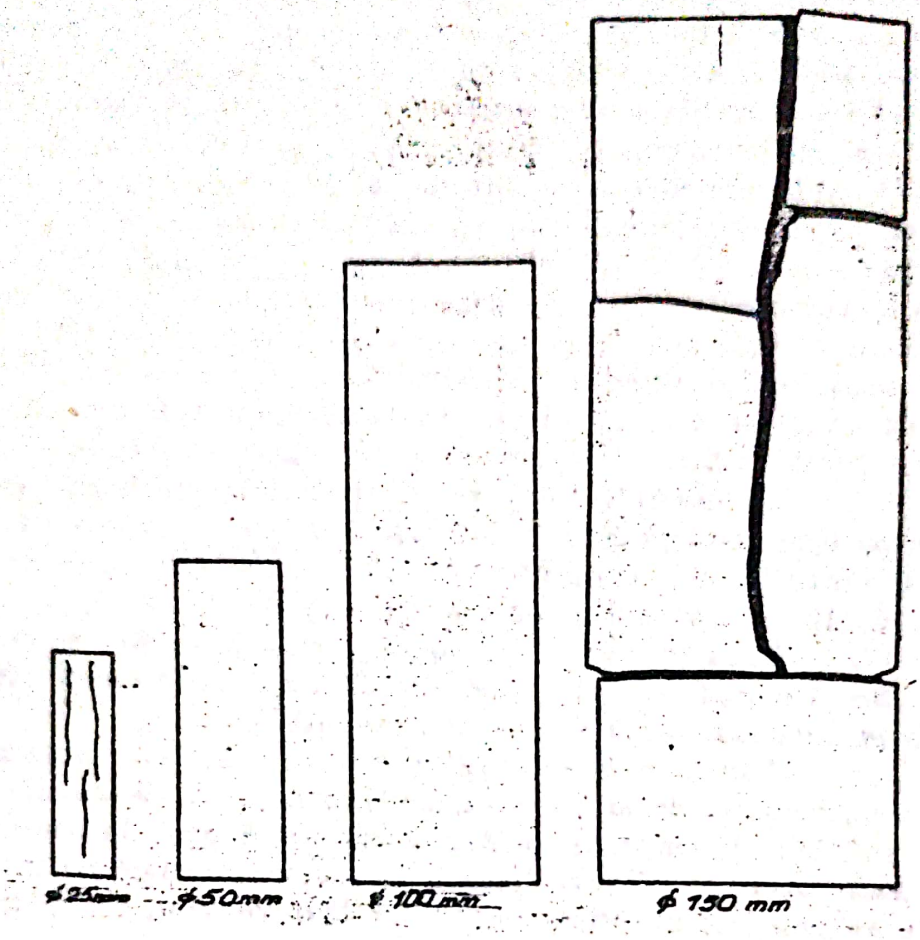


Fig. 3.9. Bare rotunde cu diametrul de 25, 50, 100 şi 150 mm din oţel MCW 14, călite în apă. Prima din această serie, martensitică în miez, prezintă fisuri fine, longitudinale şi transversale, provocate de tensiunile de tracţiune dezvoltate după călire (9).

lor de aplicare ale acestei legi (27) au demonstrat că este preferabil ca durata să se regularizeze prin alegerea temperaturii de revenire şi, mai puţin, a timpului care este de minimum 1 - 2 ore.

3.2.2.4. Bare şi blocuri tratate

Utilizatorii au uneori interesul să întrebuinţeze, mai ales în cazul matriţelor de forje şi a formelor pentru mase plastice, oţeluri pretratate. In gama de duritäţi cuprinsă între 300 şi 400 HB (circa 105 la 140 daN/ mm^2), care asigură cele mai bune rezultate

pentru acest gen de utilizări, prelucrarea prin aşchiere este încă posibilă. Pentru durităţi mai ridicate, prelucrarea prin electroeroziune este aplicată curent. Intrebuinţarea de blocuri şi bare pretratate permite evitarea tratamentului termic al sculelor cu toate problemele legate de oxidare, decarburare, deformaţii sau fisuri.

3.2.3. Rectificarea defectuoasă

Rectificarea se practică curent pe sculele tratate pentru a le aduce la dimensiunile cerute, a realiza starea necesară a suprafeţelor active de lucru sau a îndepărta părţile alterate în cursul tratamentului termic (decarburare, oxidare). Sculele supuse rectificării, mai ales cele confecţionate din oţeluri destinate prelucrărilor la rece sau din oţeluri rapide, suferă efectele durităţilor foarte ridicate şi, uneori, ale tensiunilor interne, incomplet eliminate prin revenirea la temperatura joasă.

Unele oţeluri, mai ales cele puternic aliate, conţin carburi foarte dure şi abrazive. In mod particular, prezenţa vanadiului în conţinuturi de peste 1% creşte sensibil rezistenţa la abraziune şi face,prin aceasta, rectificarea mai dificilă şi mai costisitoare.

In plus, prezenţa elementelor de aliere diminuează conductivitatea termică a oţelurilor. Datorită acestui fapt, încălzirile locale produse printr-o rectificare rău condusă pot provoca o înmuiere a sculei printr-un efect de revenire sau crea tensiuni locale de tracţiune, care să determine formarea de fisuri superficiale, uneori foarte numeroase. Acestea, cel mai adesea invizibile cu ochiul liber, constituie cauza ruperilor şi exfolierilor premature. Aceste încălziri locale sînt, totuşi, observabile printr-o colorare a suprafeţei,care trece prin galben spre albastru, pe măsură ce temperatura creşte; absenţa unei astfel de colorări nu înseamnă că nu s-au produs supraîncălziri locale, deoarece pelicula oxidată a putut fi îndepărtată la ultimele treceri printr-o rectificare uşoară.

Precauţiile ce trebuie luate constau în diminuarea adîncimii trecerilor, reducînd presiunea pietrei şi, uneori, şi a vitezei periferice. Este, mai ales, convenabil să se utilizeze pietre de natură abrazivă şi granulaţie adaptată oţelului ce se rectifică şi să se evite cu desăvîrşire utilizarea de pietre murdare sau cu o aptitudine de tăiere insuficientă, care ar încălzi inutil scula. Rectificarea uscată este, în anumite cazuri, interzisă.[1)]

1) W.Siebert a propus recent o metodă originală de evaluare a tendinţei de fisurare la rectificarea pieselor călite. Ea se bazează pe observarea fisurilor care apar la cele 4 muchii ale unei amprente Vickers, realizată cu sarcini crescînde.

Figura 3.10 redă o reţea de fisuri, provocate în timpul rectificării incorecte a unei matriţe.

Rectificarea, chiar în absenţa fisurilor, produce tensiuni în metal, care pot provoca ruperi în exploatare, mai ales în cazul sculelor supuse la şocuri, şi care prezintă muchii vii sau crestături. In aceste cazuri, tensiunile trebuie diminuate printr-o revenire la o temperatură uşor inferioară revenirii de după călire.

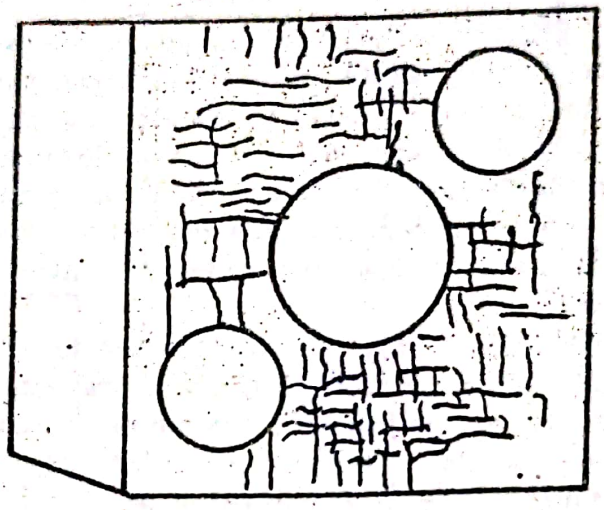


Fig. 3.10 Fisuri de rectificare într-o matriţă călită, cu dimensiuni de 75 x 75 x 37 mm, executată din oţel marca VMoC 120. Fisurile au fost puse în evidenţă prin atac cu acizi.

3.2.4 Condiţii incorecte de exploatare

Orice sculă, oricare ar fi calitatea ei intrinsecă, poate fi rapid scoasă din uz printr-o montare incorectă. Printre greşelile cele mai frecvente citäm o aliniere defectuoasă a sculelor, care lucrează prin forfecare, o fixare insuficient de rigidă, un joc prea mare sau, din contră, insuficient. Ruperea poate, în cazul sculelor supuse la şocuri sau tensiuni bruşte, să fie provocată de începerea lucrului cu scula prea rece. Acesta este, în mod deosebit, cazul matriţelor, poansoanelor sau lamelor de foarfece la reluarea lucrului, dimineaţa, în timpul iernii. In aceste cazuri, este necesar să se preîncălzească scula, pentru a o aduce într-o stare în care rezistă mai bine la şocuri.

Incălzirea excesivă a sculelor, care lucrează la cald, produce înmuierea părţilor cele mai expuse la căldură şi conduce la scoaterea prematură din uz a sculei. Răcirea sculelor, care lucrează la cald, constituie o regulă obligatorie. Trebuie, totuşi, ca această ră-

cire să fie adecvată metalului şi este necesar pentru unele mărci să se evite o răcire prea brutală, cum este cea prin stropire cu apă. In alte cazuri, dimpotrivă, un astfel de procedeu este recomandat.

Tensiuni anormale, care conduc la ruperi de matriţă, se produc şi dacă blocul - supus deformării - depăşeşte limitele admise, iar excesul de metal nu poate fi evacuat în bavuri.

Trebuie luat în considerare, mai ales în cazul sculelor puternic solicitate la şocuri sau oboseală, şi "fibrajul" oţelului. Prin acest termen se înţelege direcţia principală de deformare la laminarea sau forjarea lingoului de oţel. Fibrele sînt considerate longitudinale cînd coincid cu deformaţia principală şi transversale cînd sînt perpendiculare pe direcţia principală de deformare. La formarea cavităţii de lucru într-un bloc de matriţă trebuie să se ţină seama de fibraj, pe care fabricanţii unor astfel de blocuri îl indică cu o săgeată. O forjare care se realizează cu deformarea metalului în ambele direcţii sau "contraforjarea" permite să se elimine efectul fibrajului şi să se omogenizeze structura blocului.

Rezultate şi mai favorabile sînt obţinute prin aplicarea unor tehnici particulare de elaborare a oţelului, fie sub vid, fie prin retopire sub vid sau pat de zgură. Aceste tehnici permit să se atingă o înaltă puritate şi o foarte mare izotropie a oţelului.

3.2.5. Defecte de forjare

Operaţia de forjare dezvoltă adesea, în structura metalului, tensiuni triaxiale de tracţiune, care pot conduce la formarea de fisuri şi goluri interne, reducînd plasticitatea intrinsecă a oţelului. Priceperea forjorului constă în a da metalului, prin intermediul unei deformări judicios aplicate, geometria voită, fără apariţia unor defecte în material.

Recomandările pe care le dăm în această lucrare nu se referă la tehnologii de forjare, ci se limitează la recomandări cu caracter metalurgic general. Standardele cuprind, evident, pentru fiecare marcă de oţel de scule informaţii referitoare la limitele temperaturilor de forjare. O temperatură prea joasă sau forjarea unui metal insuficient încălzit în miez poate crea fisuri sau rupturi, făcînd semifabricatul de neutilizat. Aceste fisuri pot uneori să nu iasă pînă la suprafaţă şi să apară în timpul prelucrării sau al utilizării.

Supraîncălzirea oţelului poate conduce la creşterea grăunţilor şi să provoace o fragilitate accentuată în stare tratată. Dacă forjarea la dimensiunile finale nu poate să se realizeze dintr-un singur cald, sînt necesare mai multe încălziri intermediare. Incălzirea meta-

lului şi răcirea după forjare trebuie să se facă cu respectarea regu - lilor prescrise pentru recoacere şi călire.

3.2.6. Alegerea necorespunzătoare sau defecte de material

Defectele de material sînt de neadmis, cu atît mai mult cu cît oţelurile de scule lucrează, de cele mai multe ori, la limita caracteristicilor lor mecanice. Ruperile în serviciu, datorate defectelor de material, sînt actualmente din ce în ce mai rare, date fiind progresele făcute de industria siderurgică în ultimele decenii. Aceste progrese rezultă din perfecţionările aduse procedeelor de elaborare şi transformare a metalului, dintr-o mai bună stăpînire a tehnologiilor utilizate, dintr-un control continuu şi riguros al operaţiilor şi din aplicarea unor metode moderne de investigare, mai ales nedestructive, de-a lungul întregului proces de fabricaţie. Proprietăţile şi calitatea produselor livrate ar trebui să fie, deci, urmărite într-o manieră strictă, deoarece întreprinderile producătoare de oţeluri posedă laboratoare de încercări şi servicii de control al calităţii, dotate cu aparatura necesară unui asemenea control.

Controlul calităţii nu se limitează numai la metalul elaborat sau la semifabricate, ci el se exercită, într-o manieră foarte atentă, asupra barelor laminate finite, ca şi asupra pieselor sau blocurilor forjate, livrate utilizatorilor. Aceştia trebuie să comande întreprinderilor siderurgice bare sau blocuri de dimensiuni necesare pentru a asigura posibilitatea îndepărtării unui strat suficient de metal la prelucrare, astfel încît să se obţină pe scula finită o suprafaţă perfect sănătoasă şi nedecarburată. In acest sens, vor trebui studiate cu grijă standardele de produs în care sînt prescrise dimensiunile barelor şi blocurilor, precum şi toleranţele admise la dimensiuni.

Fig. 3.11 ilustrează exemplul unei piese de strung care prezintă defecte de suprafaţă şi o fisură de călire, rezultate din utilizarea unei bare de diametru prea mic, în raport cu dimensiunile piesei prelucrate.

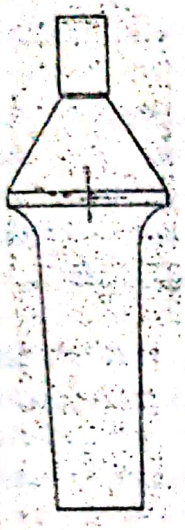


Fig. 3.11. Vîrf de strung executat prin strunjire dintr-o bară rotundă, laminată, cu diametrul de 50 mm, din oţel carbon de scule OSC 10. Diametrul sculei de 49 mm în secţiunea cea mai groasă este prea mare în raport cu cel al barei şi n-a permis îndepărtarea unui strat suficient de metal. Defectele de suprafaţă, vizibile pe guler, au provocat fisura de călire, indicată prin săgeată. Adaosul minim de prelucrare, prescris uzual pentru un diametru de 50 mm, este de 3 mm pe diametru (4).

3.2.7. Ruperi prin oboseală

Sculele supuse unor solicitări mecanice repetate la un număr mare de cicluri se rup prin oboseală. Acest mod de rupere poate fi, în anumite condiţii, de importanţă capitală pentru comportarea în serviciu a pieselor de maşini a elementelor de structură metalică şi a anumitor utilaje. Numeroase lucrări şi studii au fost consacrate acestui fenomen (1,6).

Figura 3.12 redă un aspect particular de fisurare prin oboseală, care duce rapid la ruperea sculei.

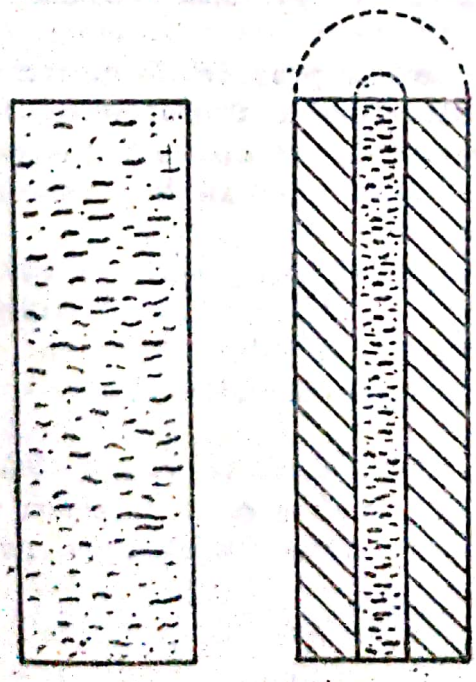


Fig. 3.12. Sfredel de mînă, găurit, pe care se observă fisuri de oboseală, după o utilizare îndelungată. In stînga figurii, aspectul exterior al piesei; în dreapta figurii, o secţiune care permite să se vadă peretele găurii centrale. Punerea în evidenţă a fisurilor a fost puternic accentuată printr-un atac cu acizi (4).

3.3. Recomandări generale

Importanţa problemelor tratate în paragraful precedent ne determină, cu riscul de a ne repeta, să subliniem încă o dată recomandările referitoare la configuraţia geometrică, tratamentul termic şi condiţiile de punere în lucru a sculelor:

1. Forma sculei trebuie atent studiată, asigurînd o dimensionare suficientă, dar raţională şi evitînd prezenţa cauzelor care favorizează o concentrare excesivă a tensiunilor în serviciu sau care fac tratamentul termic dificil. Sculele de forme complicate sau masive vor fi de preferinţă călite în aer sau în trepte, în scopul de a reduce riscul deformaţiilor sau al crăpăturilor de călire.

2. La lansarea comenzilor de bare sau blocuri se va ţine seama de adaosurile minime de prelucrare, necesare pentru a garanta pe scula finită, absenţa decarburărilor sau a defectelor superficiale. Se va lua în considerare şi posibilitatea unei decarburări în timpul tratării termice a sculei prelucrate.

3. Secţiile de tratament termic ale sculăriilor trebuie să fie dotate cu instalaţii tehnologice moderne, care să cuprindă cuptoare de capacitate corespunzătoare, prevăzute cu aparatură precisă de măsurare şi reglare a temperaturii şi, dacă este cazul, cu o instalaţie de reglare a atmosferei; de asemenea, cu băi de săruri topite potrivite. Aparatele de măsură şi control vor fi verificate periodic şi întreţinute în condiţii de funcţionare ireproşabile, iar deservirea cuptoarelor şi aparatelor de control va fi asigurată de personal calificat, competent.

4. Tratamentul termic final trebuie precedat de un tratament de eliminare a tensiunilor interne dezvoltate în timpul prelucrării sau al eventualelor dresări. Acest tratament de relaxare a tensiunilor se va realiza printr-o încălzire la 600 - 700°C, urmată de o răcire lentă.

5. Încălzirea pentru călire se va efectua progresiv. Nu se va introduce niciodată o piesă rece într-un cuptor cald. Pentru piesele masive se va prevedea un palier de menţinere la 550 - 600°C, iar dacă temperatura de călire depăşeşte 900°C, şi un al doilea palier la 750 - 800°C.

Nu se va neglija faptul că conductivitatea termică a oţelurilor aliate este mai mică decît a oţelurilor carbon şi că ea scade cu creşterea conţinutului în elemente de aliere. Astfel, de exemplu, conductivităţile termice $\lambda \left[W/mk \right]$ sînt:

la 200°C	52
la 300°C	46

6. Încălzirea în cuptoare sub vid, în atmosfe... sau protectoare, precum şi în băi de săruri topite oferă cele mai bu... condiţii de tratament termic. In lipsa acestora, se vor utiliza procedeele clasice de încălzire, în forme umplute cu pilitură sau şpan de fontă sau cărbune de lemn. In cazul încălzirii în aer se va preîntîmpina o oxidare prea pronunţată prin evitarea curenţilor de aer. Se va evita cu grijă contactul cu gazele de ardere sau cu flacăra arzătoarelor. Anhidrida sulfuroasă (SO_2) din gazele de ardere produce un oxid foarte aderent. Oxidul reduce schimbul de căldură dintre oţel şi lichidul de călire, riscînd să creeze insule tratate necorespunzător.

7. Este imperativ necesar să se asigure egalizarea temperaturii în întreaga masă a sculei. Regula ce trebuie aplicată pentru durata de menţinere, începînd din momentul în care suprafaţa a atins temperatura vizată, este de 2 minute pe mm grosime sau diametru al secţiunii utile.

8. In timpul călirii, dacă mediul de călire este cald piesa se va scoate din baie cînd ea a atins temperatura acestui mediu. Aceasta este cazul băilor cu săruri topite sau al uleiului cald. In cazul călirii într-un mediu rece, piesa nu va fi lăsată să se răcească sub 50 - 60°C. Apoi imediat, ea se va introduce în cuptorul de revenire uşor încălzit, ridicînd progresiv temperatura pînă la nivelul dorit. Temperatura de revenire se va menţine cel puţin 2 ore pentru temperaturile sub 525°C şi cel puţin 1 oră pentru cele superioare. Sculele care suferă încălziri în timpul lucrului vor fi revenite la temperaturi superioare celor de lucru.

9. O operaţie de rectificare rău condusă poate deteriora o sculă costisitoare, în stadiul final al fabricaţiei. Nu se va rectifica o sculă călită decît după ce i se va aplica un tratament de revenire de detensionare,

Compoziţia oţelului şi duritatea piesei supuse rectificării, impun ca efectuarea acestei operaţii să se facă după reguli riguroase în ceea ce priveşte alegerea pietrelor abrazive şi a condiţiilor de rectificare.

10. In majoritatea cazurilor, o sculă nu este decît o componentă a unei maşini mai complexe, din care fac parte: maşină-unealtă, presă, foarfecă etc. Din această cauză, funcţionarea corectă a maşinii este indispensabilă pentru o bună comportare a sculei în serviciu.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL IV

PROPRIETATILE DE INTREBUINTARE SI TEHNOLOGIE ALE OTELURILOR DE SCULE

4.1. Oţelurile carbon de scule

Acestea sînt cele mai vechi oţeluri de scule, cunoscute şi fabricate şi, cu toată dezvoltarea considerabilă a producţiei de oţeluri aliate, ele continuă să deţină în ansamblul oţelurilor de scule o pondere importantă (20 - 25%). Acest loc important se datorează calităţilor deosebite, uşurinţei de prelucrare şi preţului relativ scăzut al oţelurilor carbon de scule, în comparaţie cu celelalte oţeluri.

La conţinut egal de carbon, aceste oţeluri capătă, după călire, durităţi comparabile cu cele ale oţelurilor aliate. Ele se deosebesc, totuşi, de acestea, printr-o călibilitate mai redusă, ceea ce le limitează utilizarea la fabricaţia sculelor de secţiuni relativ reduse, cum sînt cele utilizate în tîmplărie, debitare, lucrări manuale sau agricole, secţiile de fabricare a şuruburilor şi cuielor etc.

In plus, călibilitatea lor redusă necesită utilizarea unor medii energice de călire: apă pură sau sărată şi, mai rar, pentru piese de dimensiuni reduse, ulei. In compensaţie, oţelurile carbon sînt mai uşor de recopt; ele sînt mai puţin dure în stare recoaptă şi prezintă, datorită acestui fapt, o aşchiabilitate şi o aptitudine de formare la rece mai bună.

Pătrunderea slabă la călire a acestor oţeluri, în mod deosebit pentru oţelurile OSC7-OSC10, prezintă şi unele avantaje. Ea permite să se realizeze scule dure la suprafaţă şi tenace în miez, cum sînt poansoanele şi matriţele de deformare la rece, pistoanele ciocanelor pneumatice, sfredele de mină, ştanţele, cilindrii de laminare la rece a foliilor de aluminiu, staniu, cupru etc.

Oţelurile cu 0,65 - 0,75% C (marca OSC 7) pot fi utilizate şi la fabricarea tablelor triplex (sandwich) pentru cormana pluguri-lor. Aceste table au, în cele mai multe cazuri, grosimea de 6 mm şi sînt alcătuite din 3 straturi de grosime egală, perfect sudate prin laminare la cald. Cele două straturi exterioare sînt din oţel dur cu 0,7% C, iar stratul interior dintr-un oţel moale cu 0,1% C.

După călire, cormana prezintă la suprafaţă o duritate de

cel puţin 60 unităţi HRC, care permite o bună lustruire şi o rezistenţă ridicată la uzură, în timp ce prezenţa stratului mediu moale asigură ansamblului o tenacitate ridicată.

Oţelurile de scule se împart în oţeluri de calitate şi superioare; în ţara noastră nu se produc oţeluri de scule superioare.

4.1.1. Conţinutul de carbon şi duritatea după călire

Intensitatea durificării sau grosimea maximă a stratului de durificare prin călire, proprietate importantă a oţelurilor de scule, depinde - în principal - de cantitatea de carbon aflată înaintea călirii în soluţia de austenită. Ea creşte rapid odată cu conţinutul de carbon, pînă în jur de 0,6% şi apoi din ce în ce mai lent.

Pătrunderea la călire sau călibilitatea propriu-zisă, a doua proprietate de bază a oţelurilor de scule, depinde în mod esenţial de conţinutul rezidual în anumite elemente de aliere prezente în compoziţia oţelului, de mărimea grăuntelui austenitic (un oţel cu grăunte mare este mai călibil decît un oţel cu grăunte fin, dar, în acelaşi timp este şi mai sensibil la fisurare şi mai fragil) şi de intensitatea sau agresivitatea răcirii.

Figura 4.1. redă intervalul uzual de variaţie a durităţii după călire, în miezul oţelurilor carbon de scule. Diferenţele constatate sînt determinate de condiţiile de efectuare a călirii, ale căror efecte sînt accentuate de marea sensibilitate a acestor oţeluri la autorevenire în timpul răcirii.

Elementele de aliere, cum s-a mai arătat, nu modifică sensibil duritatea după călirea martensitică. Ele favorizează, totuşi, pentru conţinuturi ridicate de carbon, prezenţa după călire a austenitei reziduale (netransformată în martensită), care antrenează o scădere de duritate cu atît mai accentuată cu cît cantitatea de austenită este mai mare. Una sau mai multe reveniri pot asigura eliminarea austenitei reziduale prin transformarea ei în martensită.

Rezistenţa la uzură creşte direct proporţional cu duritatea. Creşterea conţinutului de carbon favorizează rezistenţa la uzură a oţelurilor călite. La conţinuturi de peste 0,8% carbon, duritatea creşte puţin, dar prezenţa carburii de fier (cementita) în masa martensitei este favorabilă. Datorită acestui fapt, oţelurile care conţin pînă la 1,3% carbon sînt utilizate pentru fabricarea dălţilor fine sau a anumitor instrumente tăietoare (lame de ras).

Dimpotrivă, conţinuturile ridicate de carbon reduc tenacitatea oţelului. Pentru o duritate egală după călire şi revenire, un oţel care conţine mai puţin carbon va fi mai tenace decît un oţel mai car-

burat. Prezenţa cementitei libere reduce şi mai mult tenacitatea oţelurilor hipereutectoide (C>0,8%).

Această remarcă nu este în contradicţie cu cele afirmate referitor la buna comportare în serviciu a sculelor dure la suprafaţă şi tenace în miez, datorită grosimii mici a stratului călit.

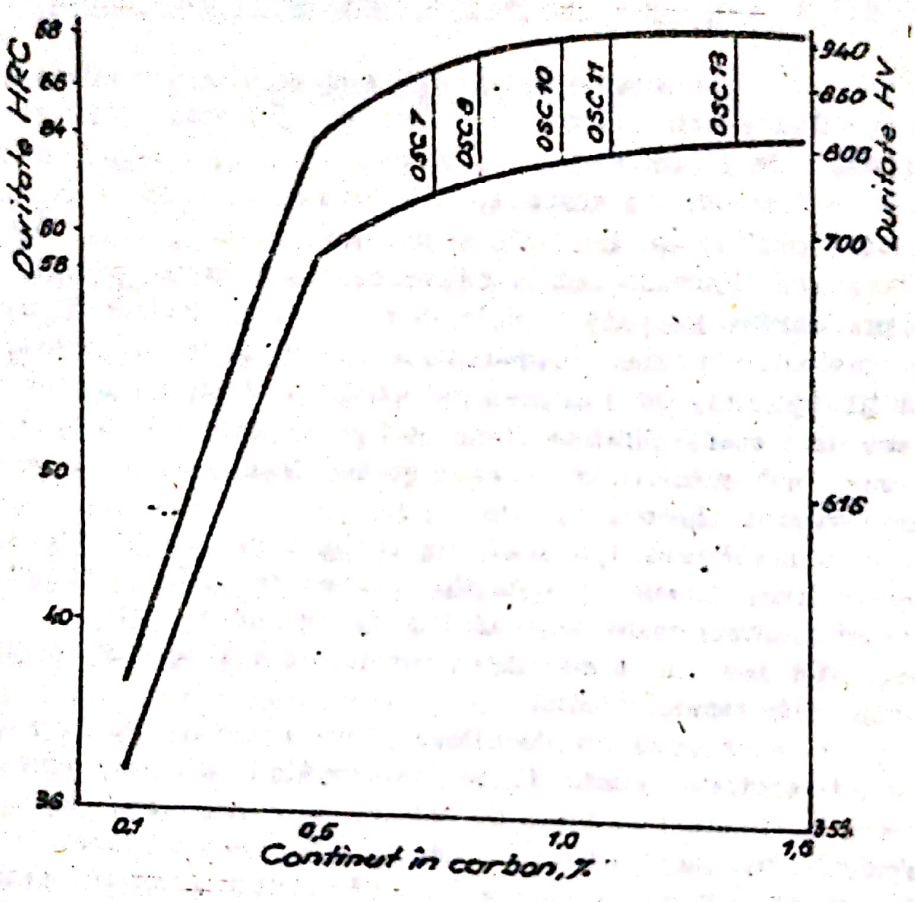


Fig. 4.1. Variaţia durităţii după călire la oţelurile carbon de scule în funcţie de conţinutul de carbon

4.1.2. Proprietăţi tehnologice

Mărcile, al căror conţinut de carbon nu depăşeşte 0,80% pot fi sudate prin forjare, fără dificultăţi deosebite. Sudarea cu flacără sau cu arc electric sînt şi ele posibile, cu respectarea unor precauţii.

Regimul de încălzire pentru deformare plastică, modul de răcire şi duritatea obţinută (1) sînt redate în tabelul 4.1.

După prelucrarea plastică, oţelurile carbon de scule se supun unei operaţii de tratament termic preliminar, de cele mai multe ori pentru înmuierea metalului, în vederea prelucrării prin aşchiere. Prin acest tratament se urmăreşte ca perlita lamelară, formată în urma răcirii în aer, să se transforme în perlită globulară.

Stabilirea parametrilor de lucru pentru diversele variante de tratament (preliminar sau final) se face ţinînd seama atît de nivelul punctelor critice ale mărcii de oţel ce trebuie tratat, cît şi de mărimea încărcăturii şi a sculei, tipul cuptorului etc. In tabelul 4.2. sînt redate punctele critice ale oţelurilor standardizate, precum şi unele recomandări referitoare la principalii parametri (temperatură şi regim de călire) ai procesului de tratament termic (3).

Gradul de fineţe al structurii obţinute după recoacere se apreciază pe baza microstructurilor etalon (STAS 1700-80). Oţelurile cu structura perlitică globulară, punctaj 5 - 6, au cele mai bune proprietăţi (duritatea cea mai mică după recoacere, sensibilitatea cea mai mică la supraîncălzire şi cea mai ridicată rezistenţă după călire). Oţelurile,a căror structură perlitică corespunde unui punctaj de 1-2 din scara etalon,au cea mai mare călibilitate, dar sînt sensibile la fisurare.

Microstructura oţelurilor în stare recoaptă trebuie să corespundă datelor înscrise în tabelul 4.3. (1).

La produsele în stare recoaptă, cu dimensiuni pînă la 60 mm, repartiţia cementitei trebuie să corespundă punctajului 1 - 3 din scara etalon, iar în cazul dimensiunilor mai mari, înţelegerii părţilor.

In tabelul 4.4. sînt prezentate unele date referitoare la compoziţia fizică şi microstructura diverselor mărci de oţeluri carbon de scule (1).

In ceea ce priveşte tendinţa la supraîncălzire, trebuie menţionat că oţelurile eutectoide sînt cele mai susceptibile, în timp ce oţelurile hipereutectoide sînt cel mai puţin susceptibile. Astfel, în timp ce la oţelurile hipereutectoide creşterea grăunţilor devine sensibilă la peste 820°C, accentuîndu-se la încălziri în jur de 850°C, cînd procesul de transformare al feritei în austenită este terminat, la oţelurile eutectoide, granulaţia grosolană, omogenă, se obţine chiar la încălziri în domeniul 780 - 790°C. Această situaţie are repercusiuni şi asupra sensibilităţii la fisurare. Incercări efectuate pe probe cu secţiunea de 20 x 20 mm au arătat că la călirea în apă,de la temperaturi de 850 şi 950°C, sensibilitatea oţelurilor OSC 8 şi OSC 8 M este de circa 3 ori mai mare decît a oţelurilor OSC 10 şi OSC 11 (28).

In ceea ce priveşte stabilitatea la decarburare, între diver-

TABELUL 4.1.

Parametrii prescriși pentru deformare plastică la cald

Marca oțelului	Regimul de temperaturi °C				Modul de răcire după deformare plastică la cald	Duritatea după deformare plastică la cald HB
	lingou		semifabricat			
	încălzire	sfîrșit prelucrare	încălzire	sfîrșit prelucrare		
OSC 7	1150-1180	850-900	1100-1125	750-850	aer	229-285
OSC 8	1150-1180	850-900	1100-1125	750-850	aer	241-302
OSC 8M, OSC 10, OSC 11	1125-1150	870-920	1075-1100	750-850	aer calm	245-315
OSC 13	1025-1125	870-920	1000-1050	750-800	aer calm	269-341

Scanned with OKEN Scanner

TABELUL 4.2.

Parametrii principali ai tratamentelor termice

Marca oțelului	Punctele critice			Tratamentul termic						Duritatea		
				Preliminar			Final			După recoacere	După călire	După revenire
				Recoacere	Revenire înaltă	Normalizare	călire		Revenire			
	Ac_1	Ac_m	Ar_1				încălzire °C	mediu răcire		HB	HRC	HRC
				încălzirea °C								
OSC 7	730		700	680		800	800	apă	150	170	60	54
				720		830	820		300	187	62	60
OSC 8	730		700	680		800	780	apă	150	187	60	58
				720		820	800		300		65	62
OSC 8M	730		700	680		800	780	apă	150	187	61	
				720		820	800		300		64	
OSC 10	730	800	700	680	650	820	760	apă	150	197	62	58
				720	700	840	780		300		65	62
OSC 11	730	810	700	680	650	830	760	apă	150	207	62	58
				720	700	850	780	ulei	300		65	62
OSC 13	730	830	700	680	650	880	760	apă	150	217	62	58
				720	700	900	780	ulei	400		66	62

Scanned with OKEN Scanner

TABELUL 4.3.

Date privind punctajul microstructurii

Marca oţelului	Dimensiunea (diametrul, grosimea sau lăţimea) mm	Punctajul conform scării etalon scara 1		Observaţii
		neadmis	admis	
OSC 7 OSC 8 OSC 8M	până la 60 mm inclusiv	1-2	3-6	Pentru bare cu dimensiuni peste 60 mm, punctajul admis pentru microstructură se stabileşte prin acordul părţilor
OSC 10 OSC 11 OSC 13		1-3	4-6	

TABELUL 4.4.

Compoziţia fazică şi microstructura oţelurilor carbon de scule

Marca oţelului	Compoziţia fazică % greutate		Tipul carburii	Microstructura	
	ferită	carbură		Inainte de recoacere	După recoacere
OSC 7	90,3-88,9	9,7-11,1	Fe_3C	perlită lamelară şi ferită	amestec de perlită globulară şi lamelară + ferită
OSC 8	87,4-88,8	11,2-12,6	Fe_3C	perlită lamelară	amestec de perlită lamelară şi globulară
OSC 10	84,4-85,8	14,2-15,6	Fe_3C	perlită lamelară şi cementită	perlită globulară
OSC 11	84,3-82,9	15,7-17,1	Fe_3C	perlită lamelară şi cementită	perlită globulară
OSC 13	81,2-79,8	18,8-20,2	Fe_3C	perlită lamelară şi cementită	perlită globulară

Scanned with OKEN Scanner

sele mărci de oţeluri carbon de scule nu există practic deosebiri. Adîncimea stratului decarburat pe barele laminate sau forjate nu trebuie să depăşească valorile înscrise în tabelul 4.5. La oţelul cojit sau şlefuit nu se admite strat decarburat.

4.1.3. Proprietăţi de utilizare

Aptitudinea sau capacitatea de călire, proprietate complexă a oţelurilor de scule, este evaluată prin intermediul nivelului durităţii obţinute după călire şi prin adîncimea de pătrundere a călirii (călibilitate), proprietăţi măsurabile.

Duritatea oţelurilor carbon de scule, obţinută după călire, fără supraîncălzire, creşte odată cu conţinutul de carbon pînă la 0,6-0,8%. Creşterea conţinutului de carbon peste aceste limite nu mai influenţează duritatea. In ceea ce priveşte adîncimea de pătrundere a călirii, în fig.4.2 este prezentată variaţia durităţii în secţiune, pe probe din 5 mărci de oţel carbon de scule, călite în apă la diferite temperaturi. Din examinarea diagramelor prezentate în fig.4.2,re-

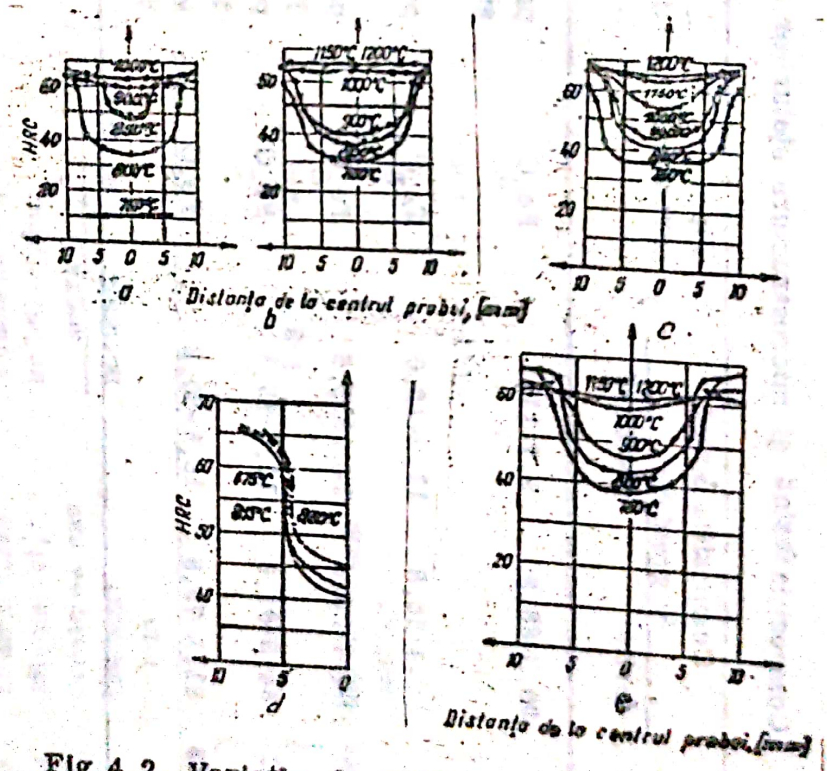


Fig.4.2. Variaţia durităţii în secţiunea probelor din oţel carbon de scule, călite în apă, de la diferite temperaturi; a) OSC 7; b) OSC 8; c) OSC 10; d)OSC 11; e) OSC 13

TABELUL 4.5.

Date privind stratul decarburat

Dimensiunea (diametrul, grosimea sau lăţimea) mm	Oţel laminat destinat prelucrării prin aşchiere	Oţel laminat destinat broşării, trefilării şi laminării la rece	Oţel tras (calibrat)
6 ... 10	0,6	0,3	1,5% din dimensiune
peste 10 pînă la 16	0,7	0,4	1,5% din dimensiune
peste 16 pînă la 25	1,0	0,5	1,3% din dimensiune
peste 25 pînă la 40	1,2	0,6	1,3% din dimensiune
peste 40 pînă la 63	1,7	0,7	la înţelegere
peste 63 pînă la 80	2,2	1,4% din dimensiune	la înţelegere
peste 80 pînă la 100	2,7	1,4% din dimensiune	la înţelegere
peste 100 pînă la 125	3,2	1,4% din dimensiune	la înţelegere
peste 125	3,5	1,4% din dimensiune	la înţelegere

Scanned with OKEN Scanner

...n de scule, creşterea conţinutului ... relativ redusă asupra călibilităţii ... doar asupra zonei de trecere centrală a probei.

...ş 1700-80 pentru verificarea 4.6.

TABELUL 4.6

...ţii	-probe cu diametrul de 25 mm pentru stratul călit

Influenţa temperaturii de austenitizare asupra cantităţii de austenită reziduală şi, corelat, a durităţii, este redată grafic în fig. 4.3.

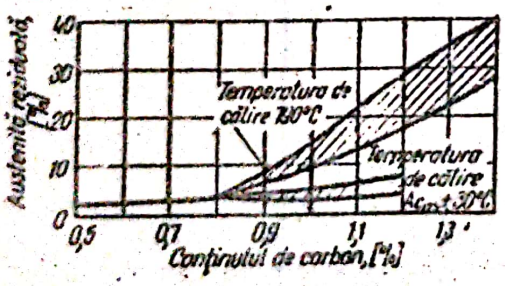


Fig. 4.3. Influenţa conţinutului de carbon şi a temperaturii de austenitizare asupra cantităţii de austenită reziduală la oţelurile carbon de scule (structura iniţială: perlită globulară; călire în apă)

In figura 4.4. s-a prezentat variaţia adîncimii de călire şi a mărimii grăuntelui la oţelul carbon de scule OSC 10, în funcţie de temperatura de călire.

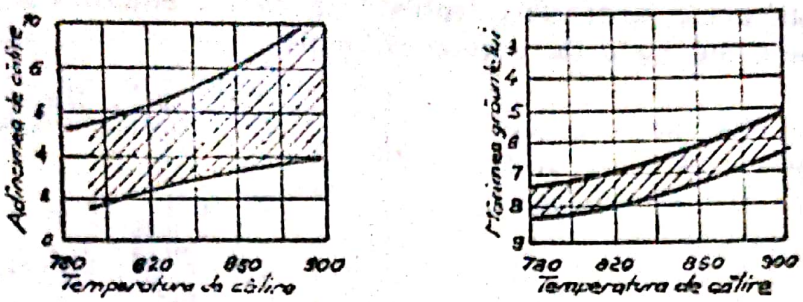


Fig. 4.4 Variaţia adîncimii de călire şi a mărimii grăuntelui de austenită, în cazul oţelului carbon de scule OSC 10, în funcţie de temperatura de călire

Stabilitatea la cald a oţelurilor de scule este direct legată de menţinerea durităţii la cald. Pentru aprecierea acestei proprietăţi, în fig. 4.5 s-a prezentat pentru oţelurile carbon de scule variaţia durităţii în funcţie de temperatura de revenire, la durata de menţinere de o oră.

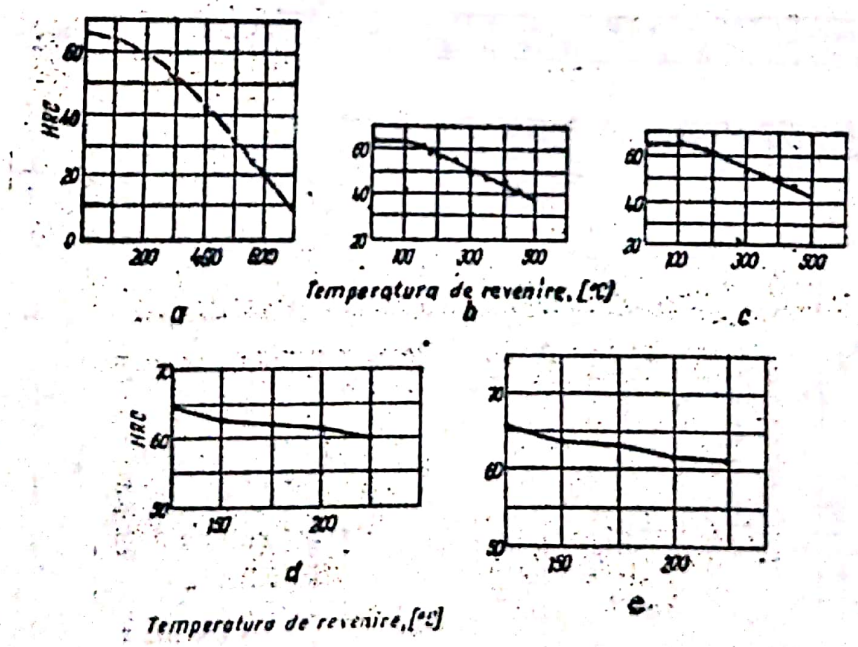


Fig. 4.5. Duritatea oţelurilor carbon de scule în funcţie de temperatura de revenire:
a) OSC 7; b) OSC 8; c) OSC 10; d) OSC 11; e) OSC 13

In figurile 4.6 – 4.10 sînt redate diagramele transformării izoterme a austenitei, inclusiv la răcire continuă a acesteia, pentru unele din oţelurile carbon de scule.

Compoziţia chimică %	C	Si	Mn	Cr	Ni	A_1	A_3	M_s	T_c
	0,83	0,19	0,32	0,16	0,19	720	760	265	–

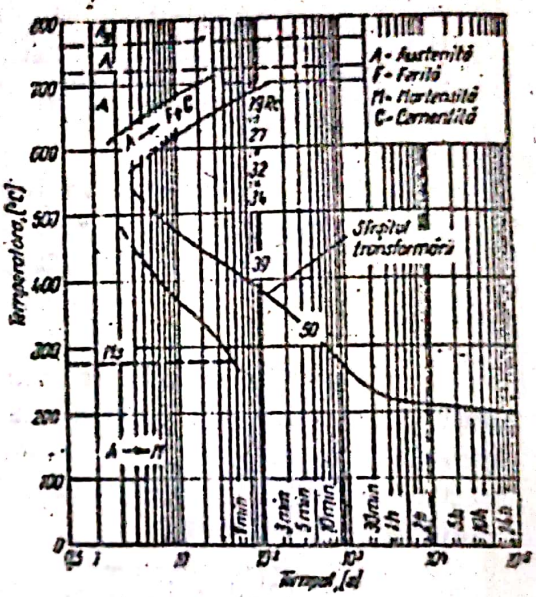


Fig. 4.6. Diagrama transformării izoterme a austenitei la oţelul OSC 7

Compoziţia chimică %	C	Si	Mn	Cr	Ni	A_1	A_3	M_s	T_c
	0,96	0,22	0,29	0,11	0,07	730	760	245	210

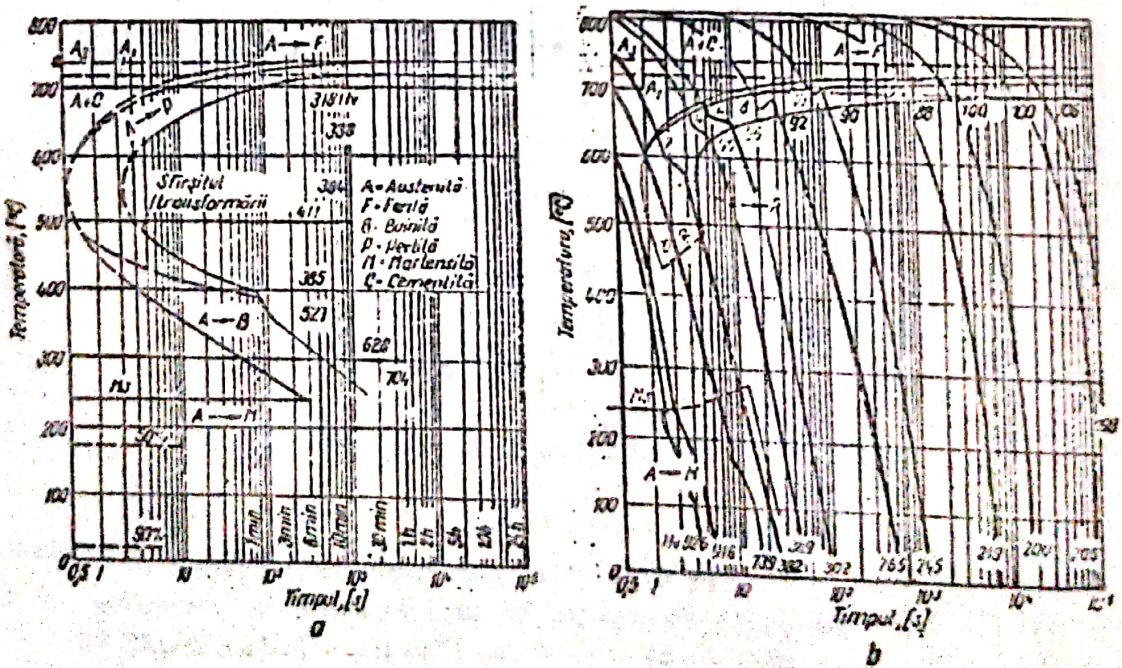


Fig. 4.7. Diagramele transformării austenitei la oţelul OSC 8: a) izotermă; b) răcire continuă

Compoziția chimică, %	C	Si	Mn	Cr	Ni	A_1	–	Ms	Tc
	1,14	0,18	0,22	–	–	–	–	200	185

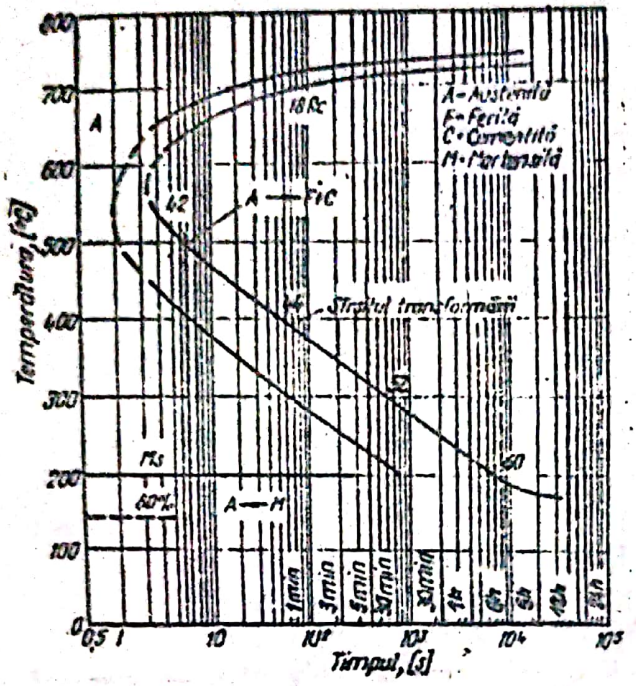


Fig. 4.8. Diagrama transformării izoterme a austenitei la oțelul OSC 11.

Compoziția chimică, %	C	Si	Mn	Cr	Ni	Interval A_1	Ms	Tc
	1,01	0,17	0,22	0,07	0,10	717–735	175	190

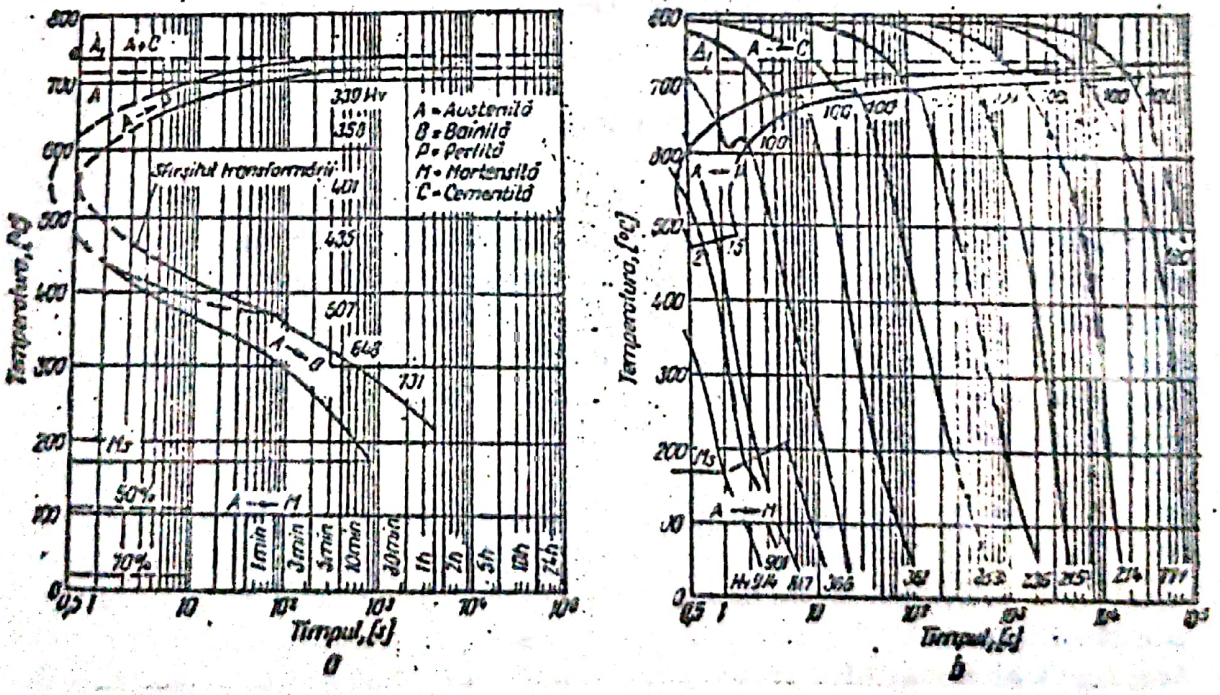
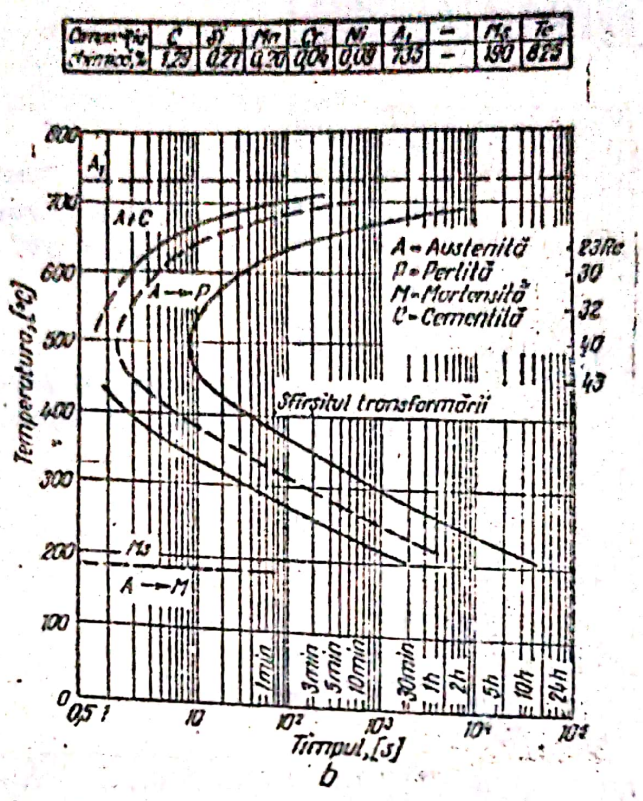


Fig. 4.9. Diagramele transformării austenitei la oțelul OSC 10: a) izotermă; b) la răcire continuă.



b

Fig. 4.10. Diagrama transformării izoterme a austenitei la oţelul OSC 13

4.2. Oţelurile aliate de scule

Aceste oţeluri, spre deosebire de cele precedente, datorită elementelor pe care le conţin, au o călibilitate mult mai accentuată, ceea ce le impune în fabricaţia sculelor de dimensiuni mari şi a celor cu configuraţie complicată, care prezintă pericol de fisurare în cazurile în care se folosesc medii de răcire energică. In funcţie de compoziţia lor, oţelurile aliate pot fi întrebuinţate atît pentru fabricaţia de scule destinate prelucrărilor la rece, cît şi a celor la cald.

4.2.1. Oţeluri de scule pentru prelucrări la rece

Comportarea în serviciu a sculelor cu care se efectuează prelucrări la rece depinde, în mod decisiv, de intensitatea frecării dintre sculă şi materialul supus prelucrării. Asigurarea unui coeficient de frecare cît mai redus diminuează uzura şi micşorează riscurile de gri-

pare, mătuire sau fretare a celor două suprafeţe în contact.

Din acest punct de vedere, tratamentele termochimice au o importanţă majoră pentru sculele destinate operaţiilor de prelucrare la rece, motiv pentru care vom prezenta succint variantele acestor tratamente utilizate mai ales în cazul oţelurilor aliate de scule.

Tratamentele de nitrurare îmbogăţesc stratul superficial în azot şi, prin aceasta, cresc considerabil duritatea la suprafaţă, comprimă straturile superficiale şi îmbunătăţesc proprietăţile la oboseală.

Creşterea durităţii este mai accentuată la oţelurile aliate cu crom care conţin simultan şi molibden, vanadiu sau aluminiu. Aceste elemente formează cu azotul nitruri sensibil mai dure decît cele ale fierului.

Nitrurarea oţelurilor se efectuează, în prezent, fie în mediu gazos, fie în baie de săruri.

Nitrurarea în mediu gazos poate fi făcută prin două procedee:

- nitrurarea gazoasă clasică şi
- nitrurarea ionică.

Nitrurarea gazoasă clasică a cunoscut o mare dezvoltare în ceea ce priveşte tratarea pieselor foarte solicitate ale motoarelor de avion. Ea se face în atmosferă bogată în gaz de amoniac, la temperaturi de 500 - 570°C, ceea ce îi limitează domeniul de utilizare la sculele cărora li se aplică o revenire, cel puţin la temperaturi egale acestor valori.

Nitrurarea ionică se efectuează în interiorul unei camere metalice, care conţine un amestec de azot şi hidrogen (5 - 10%), menţinut electric potrivit. Prin electroliză, acesta realizează pe piesele ce formează anodul o resulfurare superficială, prin care se reduce coeficientul de frecare al sculei.

Menţionăm, în plus, cromizarea prin procedeul Galmiche, care constă în difuzarea cromului la 850 - 1000°C pe cale gazoasă, plecînd de la o halogenură. La oţelurile bogate în crom, acest tratament conduce la formarea unui strat compact şi foarte aderent de carbură de crom (Cr Fe) - C3. O astfel de depunere, foarte dură (HV 2000) şi inertă, conduce la îmbunătăţiri spectaculoase de randament (8); procedeul este însă costisitor şi puţin răspîndit.

4.2.1.1. Oţeluri rezistente la uzură

Călibilitatea limitată a acestor oţeluri determină, în funcţie de marcă şi secţiunea sculelor, utilizarea apei sau uleiului ca me-

diu de răcire la călire. Durităţile ridicate, obţinute după călire, şi prezenţa carburilor aliate, mai dure decît cementita din oţelurile carbon, le conferă o bună rezistenţă la uzură care, totuşi, rămîne inferioară celei a oţelurilor mai aliate, foarte rezistente la uzură. Ele oferă, în contrapartidă, o mai bună prelucrabilitate, facilităţi mai mari de tratare termică, datorită temperaturilor lor de călire relativ joase, şi un preţ de livrare mai mic.

Duritatea lor ridicată le recomandă pentru fabricarea sculelor de tăiere de dimensiuni reduse, care nu justifică întrebuinţarea de oţeluri rapide sau oţeluri nedeformabile şi care lucrează fără încălziri şi şocuri apreciabile, precum şi scule care trebuie să reziste la uzură.

In tabelul 4.7. sînt redate temperaturile pentru prelucrarea la cald, precum şi tratamentele termice recomandate în cazul oţelurilor aliate de scule pentru prelucrări la rece, rezistente la uzură.

Marca MCW 14 (1%C;1,1%Cr; 1,3%W) şi marca CW 20(1%C; 0,8%Cr; 2%W). Aceste două oţeluri, datorită prezenţei wolframului şi a cromului, prezintă o bună comportare la tăiere, în comparaţie cu celelalte două oţeluri din grupă, avînd, în structură, carburi cu o mai mare duritate.

La temperaturile de călire recomandate, carburile de wolfram, foarte bine dispersate, nu sînt dizolvate şi determină, prin aceasta, o granulaţie fină şi o mai bună rezistenţă la supraîncălzire.

Călibilitatea, destul de slabă, necesită călirea în ulei, iar la secţiuni mai mari, chiar în apă. Sculele de dimensiuni reduse pot fi tratate în ulei sau în băi de săruri, dacă se ridică temperatura de călire cu 30 - 50°C şi se acceptă o pierdere de duritate de 2-3 unităţi HRC. Acest mod de călire este de adoptat în cazul sculelor care prezintă schimbări importante de secţiune sau configuraţie geometrică complicată.

Aceste două mărci de oţel sînt destinate mai ales fabricării de scule pentru prelucrări la rece, care lucrează fără şocuri şi trebuie să reziste la uzură. In mod deosebit, pentru lame de ferăstraie manuale de tăiat metale, tarozi, alezoare, broşe, freze, burghie, piepteni pentru rularea filetelor etc. In plus, pot fi utilizate şi la fabricarea sculelor de tăiere sau finisare pentru: lemn, hîrtie, metale neferoase sau burghie şi freze dentare.

Figura 4.11. redă evoluţia durităţii oţelului MCW 14 în funcţie de temperatura de revenire, iar figura 4.12, curba sa de călibilitate.

TABELUL 4.7.

Tratamentele termice şi temperaturile recomandate pentru prelucrarea prin deformare la cald a oţelurilor aliate de scule pentru prelucrări la rece

Marca de oţel	Forjare sau laminare	Recoacere de înmuiere		Călire			Revenire	
		°C	HB max.	°C	mediu răcire	HRC min.	°C	HRC
MCW 14	1150-850	770-790	255	800-830	u[x]	62	160-220	60-63
CW 20	1130-800	760-790	228	800-825	u	64	150-230	60-63
CVO 6	1050-850	710-750	220	810-840	u	64	100-400	51-64
VM 18	1000-950	690-720	242	750-780	u[x]	62	180-250	57-63

x) la secţiuni mari necesită răcirea în apă

Scanned with OKEN Scanner

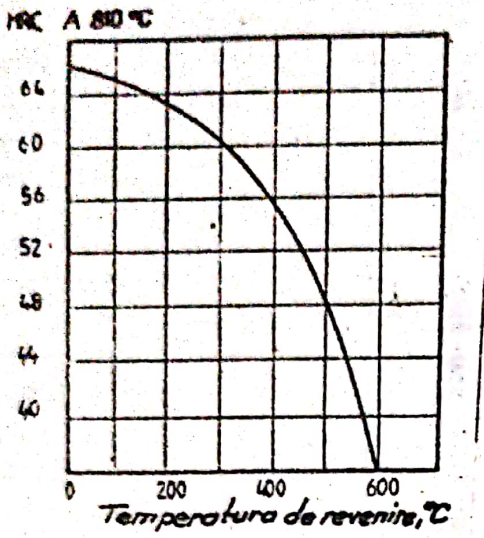


Fig. 4.11. Evoluţia durităţii în funcţie de temperatura de revenire, în cazul oţelului MCW14

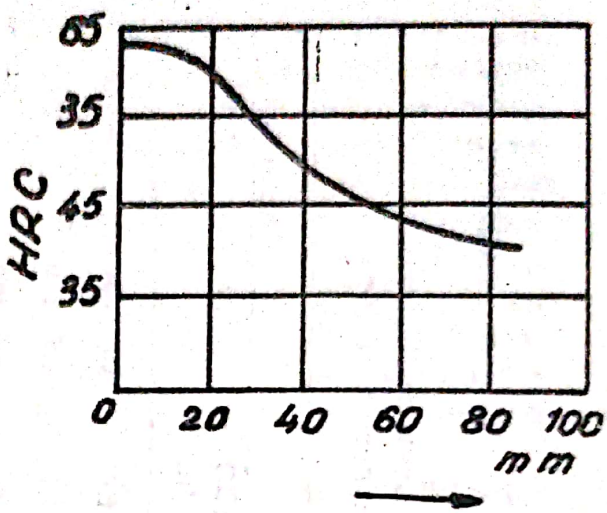


Fig. 4.12 Curba de călibilitate a oţelului MCW14

Marca CVO$_6$ (1,15%C; 0,65% Cr; 0,1% V) prezintă o bună rezistenţă la uzură, în condiţii în care suportă mai bine şocurile mecanice decît oţelurile cu conţinut similar de carbon.

Prezenţa vanadiului asigură o granulaţie foarte fină, îl ameliorează rezistenţa la uzură prin prezenţa carburilor foarte dure şi reduce pericolul de creştere a grăunţilor în caz de supraîncălzire. La temperaturile de călire recomandate, vanadiul uniformizează şi reduce pătrunderea la călire.

Oţelul este destinat sculelor de decupare şi tăiere ca:lame de mici dimensiuni pentru foarfeci, scule de gravat, poansoane pentru table subţiri, scule fine pentru mecanisme de precizie. El convine, de asemenea, pentru fabricaţia buterolelor de mici dimensiuni, sculelor pentru fabricarea şuruburilor, matriţelor de monetărie, ca si pentru călire, calibre, vîrfuri de strung, perniţe şi cuţite pentru balanţe etc.

Marca VM18 (0,9%C; 11,8% Mn; 0,15% V). Acţiunea manganului, în cazul acestei mărci, este dublă:

- scade temperatura de transformare austenitică, ceea ce permite ca tratamentul de călire să poată fi efectuat la temperaturi mai joase decît acelea ale tuturor celorlalte oţeluri aliate de scule. Riscurile de oxidare şi decarburare sînt deci mai mici, iar gradientele termice din timpul călirii, mai reduse;
- îmbunătăţeşte călibilitatea şi face astfel posibilă durifi-

carea în miez,prin călire în ulei sau în băi de săruri, pe bare rotunde de pînă la 60 mm diametru sau de secţiuni echivalente.

Acest oţel mai prezintă şi următoarele avantaje:

- uşurinţă de punere în operă: recoacere facilă şi prelucrabilitate bună;
- deformare redusă la călire;
- o destul de mare rezistenţă la uzură mecanică la rece.

Totuşi, în ceea ce priveşte aceste ultime două proprietăţi, oţelul cu mangan nu le egalează pe cele ale oţelurilor cu 12% crom. Oţelul aliat cu mangan va fi preferat celor cu 12% Cr pentru fabricarea unor lame de foarfeci sau matriţe de decupare,de serii medii,sau cînd aceste scule prezintă riscuri de exfoliere în timpul lucrului. Utilizatorul trebuie să asigure o rectificare mai frecventă a sculelor din oţel cu mangan, scoase din uz prin exfoliere.

Figura 4.13 redă comparativ schimbările dimensionale ale oţelului VM18 cu cele ale oţelului VMoC120.

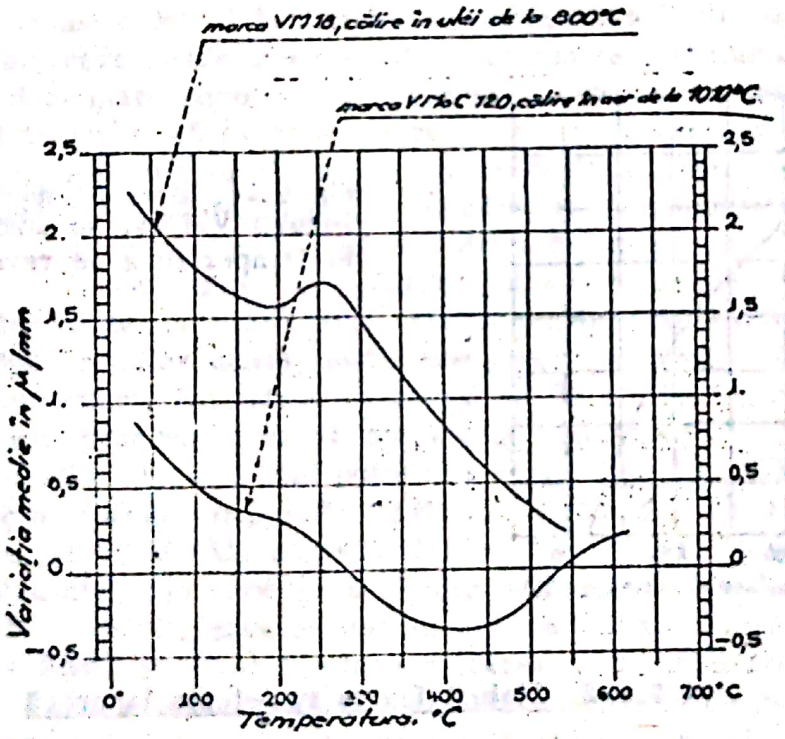


Fig.4.13. Efectele temperaturii de revenire asupra schimbărilor dimensionale la oţelurile VM 18 şi VMoC 120, călite şi revenite. Variaţiile reprezintă mediile valorilor prelevate pe cele trei laturi ale unei epruvete de 25 x 50 x 150 mm

Domeniul de aplicare al oţelului VM 18 este destul de întins. El convine, în mod deosebit, pentru fabricarea tuturor sculelor de tăiere şi deformare (modelare), în serii mari de fabricaţie, care necesită durităţi ridicate, de ordinul a 58-62 HRC, o bună stabilitate dimensională şi care nu sînt expuse la încălziri ce depăşesc 200°C, sau la şocuri: cuţite circulare, poansoane şi matriţe de decupare, poansoane pentru formarea amprentelor, forme pentru mase plastice termorigide la presiuni înalte, cilindri pentru profile, cilindri de laminare la rece, tarozi, filiere, piepteni pentru rularea filetelor, broşe. Acest oţel, care se tratează termic foarte uşor, este utilizat şi în fabricaţia dispozitivelor de măsurat şi verificat: calibre, joje, tampoane de control etc.

Curba de evoluţie a durităţii în funcţie de temperatura de revenire este prezentată în figura 4.14.

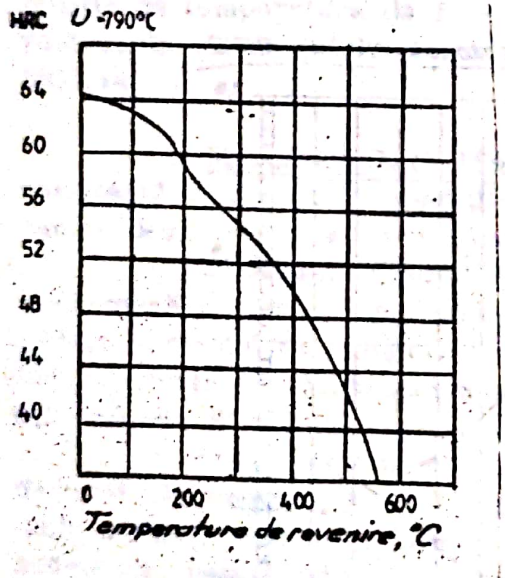


Fig. 4.14. Evoluţia durităţii oţelului VM 18, în funcţie de temperatura de revenire

4.2.1.2. Oţeluri foarte rezistente la uzură

Cele două mărci de oţel din această grupă sînt mai aliate şi cu mult mai performante, în comparaţie cu cele din grupa precedentă. Ele sînt adesea considerate "oţeluri nedeformabile". Această calificare, care susciă serioase rezerve, se bazează totuşi pe date reale, ce vor fi expuse în cele ce urmează:

a) stabilitatea dimensională la tratamente termice. Stabilitatea dimensiunilor şi formelor sculelor, utilizate în mecanica de precizie - cum sînt cele de decupare, de extruziune sau de ambutisare -

este de foarte mare importanţă practică. Aceasta cu atît mai mult cu cît, în anumite cazuri, forma şi natura sculelor limitează posibilităţile operaţiilor de corectare ulterioară, iar limitele deformaţiilor admise trebuie adesea să rămînă inferioare la 2 μ pe mm. Cît de dificilă este o asemenea cerinţă, rezultă clar din faptul că o călire martensitică a unui oţel eutectoid cu 0,85% se traduce printr-o dilatare de 56 μ, faţă de cotele iniţiale, şi din faptul că această dilatare poate varia în funcţie de dimensiunile piesei, producînd distorsiunea formei.

Deformaţii sau schimbări dimensionale pot să se producă în cursul diferitelor operaţii ale unui ciclu de tratare termică, atît la încălzirea pentru călire, cît şi pentru revenire.

b) Deformaţii la încălzire. In cursul operaţiei de încălzire pentru aducerea sculei la temperatura de călire, deformaţiile pot să se producă în diverse stadii:

- în timpul prelucrării piesei, se pot produce tensiuni interne. Dacă nivelul acestor tensiuni este suficient de ridicat, ele pot, într-un moment dat al încălzirii, să depăşească limita de curgere a metalului, care scade puternic cu creşterea temperaturii, şi să producă o deformare permanentă. De aceea, este recomandabil ca înaintea călirii sculei să se aplice o recoacere de detensionare, pentru a îndepărta tensiunile provocate de transformările mecanice şi prelucrare. Această recoacere constă în menţinerea la o temperatură sub Ac_1, urmată de o răcire lentă, pentru a evita formarea unor noi tensiuni;

- deformaţii la încălzire pot să se producă şi datorită diferenţelor de temperatură între diferitele părţi ale sculei; acestea provoacă dilatări diferenţiale, suficiente pentru a produce deformaţii şi uneori crăpături. Incălzirea va trebui să fie condusă într-o manieră cu atît mai progresivă cu cît piesa este mai masivă şi cu cît oţelul este mai aliat şi, deci mai puţin bun conducător de căldură. In cazul sculelor de forme complicate, va trebui efectuată o încălzire uşoară în jur de 200°C, o preîncălzire cu menţinere la 550 - 600°C, iar pentru oţelurile care se încălzesc peste 900°C, un al doilea palier către 750 - 800°C, ceea ce permite să se scurteze menţinerea la temperatura finală şi să se limiteze oxidarea şi decarburarea superficială;

- în acest stadiu, apare un alt pericol de deformare datorită fluajului metalului sub propria sa greutate sau sub greutatea celorlalte piese, puse una peste alta. O poziţionare potrivită a sculelor şi întrebuinţarea, dacă este necesar , de suporţi potriviţi, vor asigura eliminarea deformării pieselor calde.

c) Variaţii dimensionale cu transformările de fază. Orice transformare de fază a unui oţel, la încălzire sau răcire, antrenează variaţii dimensionale.

Tabelul 4.8., datorat lui Lement (10), indică variaţiile dimensionale corespunzătoare diferitelor transformări, care se produc în cursul tratamentelor termice la diferite structuri şi conţinuturi de carbon.

TABELUL 4.8.

Variaţiile dimensionale provocate de transformările structurale din timpul tratamentelor termice

Transformarea	Variaţiile de volum în%	Variaţiile liniare în μpe mm
perlită[x)]-austenită	-4,65 + 2,21 x	-15,5+7,4x(%C)
perlită[x)]-martensită	+1,68x(%C)	+5,6x(%C)
perlită[x)]-bainită inferioară	+0,78x(%C)	+2,6(%C)
austenită[x)]- martensită	+4,64-0,53x(%C)	+15,5-1,8x(%C)
austenită[x)]-bainită inf.	+4,64-1,43x(%C)	+15,5-4,8x(%C)
austenită-perlită sau bainită sup.	+4,64-2,21x(%C)	+15,5-7,4x(%C)
perlită globulară-perlită lamelară sau bainită superioară	0	0

x) globulară sau lamelară

Din tabelul de mai sus rezultă că transformarea, la încălzire, a unei structuri perlitice în austenitică se va produce cu o contracţie dimensională mare şi că, la călire, formarea martensitei provoacă un fenomen invers, care se traduce printr-o creştere de volum.

d) Deformaţii la călire. Metalul cald suferă, în timpul călirii, o contracţie provocată de scăderea temperaturii, pînă în momentul în care aceasta atinge începutul transformării austenitei în martensită (temperatura Ms). In timpul transformării, pînă la trecerea completă a austenitei în martensită, se va produce o dilatare datorită formării martensitei, iar, în acelaşi timp, martensita formată se va contracta la răcire.

Creşterea globală a volumului unei piese din oţel cu 1%C poate atinge, pentru aceeaşi temperatură, 4%, în comparaţie cu volumul austenitei[x)]

x) Volumul specific al austenitei la aceeaşi temperatură este de circa 0,125 cmc/g, iar al martensitei de 0,130 cmc/g.

Expansiunea produsă de călire poate, în valoare absolută, să depăşească contracţia datorată transformării perlitei în austenită, căci martensita formată la călire prezintă un volum specific mai mare decît structura globulizată iniţial. Gradientele termice între suprafaţă şi miez sau între părţile groase şi cele subţiri ale piesei constituie un factor suplimentar de deformare.

Decarburarea superficială, ale cărei efecte dăunătoare asupra comportării sculelor în timpul lucrului au fost menţionate, poate şi ea să provoace deformaţii de călire. Astfel, A .Badart(25) a arătat că zona decarburată, datorită compoziţiei sale chimice diferite, nu va urma în cursul tratamentului termic aceeaşi transformare structurală ca a metalului nealterat. Tensiuni locale ridicate se pot. astfel, crea la interfaţa metalului iniţial şi a metalului decarburat conducînd fie la deformări importante, fie la apariţia de fisuri.

e) Posibilităţi de reducere a deformaţiilor de călire. Distorsionările provocate de gradientele termice din cursul tratamentelor termice pot fi puternic reduse evitînd schimbările importante de secţiune sau încetinind răcirea părţilor subţiri cu ajutorul unor protejări izolatoare. In plus, gradientele termice şi tensiunile ce rezultă vor fi, pentru aceeaşi piesă, cu atît mai mici cu cît viteza de răcire la călire va fi mai redusă. In consecinţă, în cazul pieselor dificile se vor alege medii care permit viteze reduse de călire; astfel, după Metals Handbook (22), călirea în aer va provoca deformări de ordinul a jumătate din cele de la călirea în ulei. Călirea în trepte, martensitică, permite eliminarea gradientelor termice existente înaintea începerii transformării martensitice în oţel.

In cazul în care se iau toate aceste precauţii, va rămîne totuşi deformarea produsă de schimbarea de volum datorită transformării perlitei iniţiale în martensită de călire. Este util de reţinut că revenirea, care se aplică după călire (chiar dacă se efectuează la temperaturi relativ joase, de ordinul a 200°C), provoacă o detensionare a martensitei şi o contracţie care reduce sau anulează creşterea de volum provocată de călire (figura 4.15).

Un alt mijloc utilizat uneori este acela de a menţine în metal o cantitate determinată de austenită reziduală, de volum specific mai mic, care să compenseze dilatarea provocată de martensită. Acest lucru nu este posibil decît dacă austenita este în cantitate compatibilă cu proprietăţile căutate şi cu condiţia ca ea să fie stabilizată prin tratamente adecvate (prin frig), fără riscul de descompunere la încălzirile locale din timpul lucrului. Această metodă nu poate, din această cauză, să fie aplicată decît în anumite cazuri particulare.

Scanned with OKEN Scanner

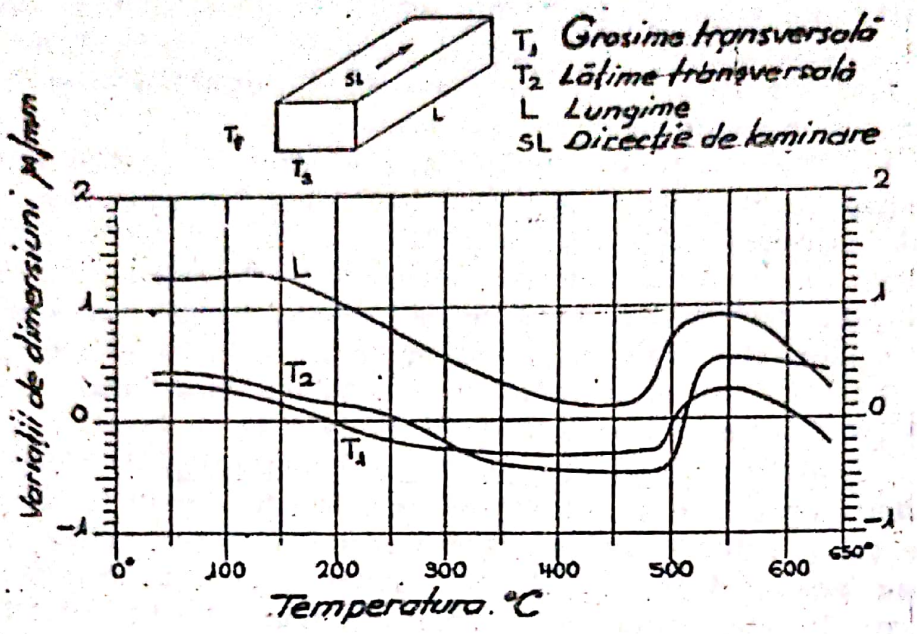


Fig. 4.15 Evoluția dimensiunilor în cursul revenirii și influența direcției de laminare asupra deformării unui oțel de matriță C120, călit și revenit (10)

f) Întrebuințarea oțelurilor cu 12% crom. Soluția cea mai răspîndită pentru a evita deformațiile la călire constă într-o întrebuințare judicioasă a oțelurilor din acestă grupă. Trebuie menționat, în legătură cu aceasta, că toate aceste oțeluri sînt hipereutectoide și conțin, drept urmare, carburi în exces în masa matricei martensitice. Prezența acestor carburi, în mod deosebit numeroase în oțelurile cu 12%Cr și 1,5 - 2,2% C, modifică în mod considerabil cota de deformare a celorlalte două coordonate principale, pe lîngă direcția de laminare sau forjare. Intr-adevăr, carburile sînt puternic aliniate în direcția deformării principale, blochează deformarea în cele două direcții perpendiculare și o amplifică în direcția laminării sau forjării.

Figura 4.15 ilustrează diferențele între deformațiile pe cele 3 coordonate ale unei bare de oțel. In mod deosebit, deformațiile longitudinale sînt de 3 - 4 ori mai importante decît în celelalte două direcții și, mai ales, în cea a grosimii.

In fabricația sculelor de precizie, de regulă, poate fi acceptată o deformare într-una din cele 3 coordonate principale, fără un inconvenient prea mare. Aceasta poate fi grosimea, ca de exemplu în cazul unui ansamblu poanson-matriță de decupare sau ambutisare. De

aceea, se recomandă ca producătorul de oţel să marcheze pe barele sau blocurile laminate sau forjate, cu ajutorul unei săgeţi, sensul de deformare principală, care corespunde deformării celei mai mari.

In tabelul 4.9 sînt redate variaţiile dimensionale medii pe epruvete paralelipipedice de 25 x 50 x 150 mm pentru cele două mărci aliate de scule, foarte rezistente la uzură.

TABELUL 4.9

Variaţiile dimensionale medii după călire şi după diverse reveniri în μ pe mm (după Latrobe Steel (7)

Marca de oţel	Temperatura de călire şi mediul	Deformaţii în μ pe mm							
		stare călită	stare călită, revenită la:						
			150°C	205°C	260°C	315°C	370°C	425°C	480°C
C120	955-ulei	0,7	0,4	0,2	0,1	-0,2			
VMoC120	1010-aer	0,7	0,3	0,2	0,1	0	0,3	0,3	0,5

Echivalenţele dintre oţelurile româneşti şi cele americane sînt aproximative

Datele din tabelul 4.9 demonstrează că marca C 120 cu 12% crom şi 1,8 - 2,2%C prezintă, după călire şi reveniri eşalonate între 260 şi 480°C, variaţii dimensionale inferioare celeilalte mărci.

Figura 4.13 ilustrează variaţiile dimensionale, în funcţie de revenire, ale mărcilor VM 18 şi VMoC120. Superioritatea oţelului VMoC120 este evidentă pentru reveniri la temperaturi de peste 200°C, în mod deosebit pentru cele efectuate către 280 şi 550°C.

g) Tratamentul prin frig. Transformarea martensitică la călire a oţelurilor, care este scopul principal al acestui tratament, nu este practic completă ($> 95\%$) la 20°C decît la oţelurile ale căror conţinuturi de carbon nu depăşesc 0,5 % şi care nu sînt puternic aliate.

Oţelurile cu conţinut ridicat de carbon sau foarte aliate conţin, la temperatura normală, în afară de martensită o cantitate mai mare sau mai mică de austenită netransformată, care se numeşte austenită reziduală.

Acest fenomen este legat de mecanismele de transformare a austenitei, la răcire, care sînt prezentate în lucrările de specialitate (31).

Temperatura de începere a transformării austenitei în martensită Ms depinde de compoziţia chimică a oţelului, scăzînd puternic, odată cu creşterea conţinutului de carbon (a cărei influenţă este pre-

ponderentă) şi, în ordine descrescătoare, cu conţinuturile de mangan, nichel, crom, siliciu şi molibden. Diferite formule permit calcularea temperaturii Ms a unui oţel plecînd de la compoziţia lui chimică (11). Dealtfel derularea transformării martensitice, plecînd de la Ms, a fost descrisă prin formula lui Koistinen şi Marburger[x]), pe baza căreia Murry (21) a stabilit tabloul schematic următor.

TABELUL 4.10

Corelarea dintre cantitatea de austenită transformată în martensită la temperatura de răcire a oţelului

X°	Pentru a transforma X% de austenită în martensită trebuie coborîtă temperatura oţelului sub Ms, cu:
10	10°C
30	32
50	63
70	109
90	209
95	272
99	419

Descompunerea austenitei reziduale în martensită, în cursul unei răciri ulterioare, este în realitate de natură mai complexă decît ne apare prin simpla aplicare a datelor stabilite de Murry. Acest proces poate fi frînat sau stopat printr-un fenomen de stabilizare a austenitei în timpul unei menţineri mai mult sau mai puţin prelungite între temperatura normală şi 200°C. El este, de asemenea, sensibil la o viteză de răcire prea rapidă între temperatura normală şi temperatura vizată; aceasta, în majoritatea cazurilor, se situează între - 80 şi - 120°C.

Tratamentul prin frig nu prezintă interes decît dacă duritatea cerută pentru sculă nu permite descompunerea austenitei în exces printr-una sau mai multe reveniri la temperaturi potrivite, de regulă mai mari de 200°C.

Interesul pentru eliminarea austenitei reziduale se poate rezuma, după cum urmează:

- creşterea durităţii (în cazul prezenţei de cantităţi excesive de austenită) şi îmbunătăţirea rezistenţei la uzură;

x) Ms poate fi determinat şi prin diferite metode experimentale

- reducerea fragilităţii, în toate cazurile în care austenita reziduală riscă să se descompună în martensită în timpul unei încălziri locale a sculei, în cursul solicitărilor mecanice în serviciu sau la rectificare. Acest tratament este recomandat mai ales pentru sculele de decupare din oţeluri hipereutectoide, al căror tăiş riscă să se exfolieze în timpul lucrului (10);

- stabilizarea dimensională prin eliminarea distorsionărilor provocate la formarea martensitei în serviciu. Acest factor prezintă interes în cazul aşa-numitelor oţeluri nedeformabile cu 12% crom, care pot să reţină după călire cantităţi de austenită reziduală ce nu pot fi neglijate şi pe care revenirea la 180 - 200°C nu le poate elimina.

Tratamentul prin frig nu este, totuşi, exceptat de hazard. In mod particular, datorită riscurilor de fisurare sau deformare inacceptabilă în cazul unei răciri rapide a pieselor masive sau de formă complexă. Dealtminteri, prezenţa cantităţilor limitate de austenită într-o sculă poate să contribuie la o mai bună adaptare la solicitările mecanice şi, în final, la performanţe mai bune în serviciu.

Acest tratament este de cele mai multe ori neindicat în cazurile în care revenirile de după călire, cum este cazul oţelurilor rapide, permit destabilizarea şi descompunerea austenitei reziduale în martensită. Se recomandă ca, în toate cazurile, după tratamentul prin frig, să se aplice o revenire de detensionare la o temperatură compatibilă cu duritatea finală cerută.

h) Tratamente superficiale. Tratamentele termochimice uzuale aplicabile oţelurilor de scule pentru prelucrări la rece au fost descrise pe scurt la începutul paragrafului 4.2.1. Aceste tratamente au drept scop principal ameliorarea comportării în serviciu a straturilor superficiale şi ele sînt curent utilizate pentru oţelurile cu 12% crom. In mod deosebit, sînt aplicate diversele tratamente de nitrurare (ionică, gazoasă, în băi de săruri), care permit ca la suprafaţă să se atingă durităţi foarte ridicate, de ordinul a 1500 HV; sînt, de asemenea, aplicate şi tratamente mai complexe, cu sulfizare, sulfurare etc. Cromizarea pe cale gazoasă dă rezultate interesante, dar prezintă inconvenientul de a necesita aplicarea unor temperaturi foarte ridicate, de ordinul a 900 - 1000°C.

i) Prelucrabilitatea. Elementele de aliere care formează carburi, prezente în toate oţelurile din această grupă, ca: molibdenul, cromul sau vanadiul influenţează defavorabil prelucrabilitatea. Cele mai bune rezultate se obţin pe metalul recopt, care prezintă o structură regulată cu carburi sferoidale, uniform repartizate în matrice.

După Leveque (20), încercări de strunjire, frezare şi gău-

rire cu scule din oţel rapid şi carburi dure, realizate în laborator, permit să se afecteze principalelor oţeluri aliate cu crom şi oţelului VM18, în stare recoaptă, indici de prelucrabilitate prin comparaţie cu oţelul carbon de scule cu 1% C(OSC 10), luat ca bază (indice 100). Rezultatele acestor încercări sînt date în tabelul 4.11.

TABELUL 4.11.

Indici de prelucrabilitate în stare recoaptă

Marca oţelului	Duritatea HB în stare recoaptă	Indice de prelucrabilitate (baza OSC 10)
OSC 10	160-200	100
VM 18	180-210	45-60
VMoC120	200-260	30-40
C 120	200-240	25-35

După autorul citat, un adaos de 0,1 - 0,15%S în oţelurile aliate de scule permite obţinerea unei ameliorări nete a aptitudinii lor de prelucrare şi a stării suprafeţei pieselor prelucrate, fără a afecta prea mult ductilitatea acestor oţeluri, recunoscute ca fragile. Prezenţa sulfului ameliorează, în plus, aptitudinea oţelurilor la rectificare în stare călită.

j) Aptitudinea la rectificare. Rectificarea oţelurilor călite, puţin sau mediu aliate, poate pune probleme legate de formarea fisurilor sau crăpăturilor; această situaţie a fost abordată în paragraful 3.2.3, sub unghiul unor condiţii defectuoase de rectificare.

Oţelurile bogate în carbon şi puternic aliate, cum sînt cele cu 12 % crom şi chiar mai mult sau unele oţeluri rapide supracarburate prezintă, în plus, dificultăţi reale de rectificare, care se traduc printr-un consum mare de pietre abrazive şi un coeficient redus de îndepărtare a adaosurilor de prelucrare.

Un studiu efectuat de Leveque (32) stabileşte indicii de rectificabilitate G[x] a unor mărci de oţel pentru prelucrări la rece (tabelul 4.12).

Datele din tabelul 4.12 scot în evidenţă influenţa compoziţiei asupra aptitudinii de rectificare, în mod deosebit:

- cromul exercită o influenţă defavorabilă datorită prezenţei cantităţilor crescute de carburi de crom;
- vanadiul exercită şi el o influenţă defavorabilă pe care o ilustrează compararea oţelurilor C 120 şi VMoC 120. Această influenţă

x) $G = \frac{\text{vol. metal ridicat}}{\text{vol. uzat de piatră}}$, determinat în condiţii de încercări riguros definite pe oţeluri tratate, pentru 60 HRC, cu pietre identice şi cu aceeaşi viteză.

TABELUL 4.12.

Indicii G pentru unele mărci de oţel pentru prelucrările la rece

Marca oţelului	Tratament termic	Indicele de rectificabilitate, G
VM 18	călire ulei 800°C + revenire la 180°C	30 - 35
VMoC120(V0,5%)	călire aer 1025°C + revenire la 200°C	2,1-2,5
Idem,cu S=0,12%	idem	3,7-5,9
VMoC120(V0,9%)	idem	2,4-2,6
C 120	călire aer 975°C + revenire la 200°C	2,6-2,8

este destul de puţin marcată pînă la conţinuturi de circa 1%; peste acest conţinut, prezenţa carburilor de vanadiu face ca indicele de aptitudine la rectificare să scadă sensibil;

- o adăugare de sulf, cuprinsă între 0,1 şi 0,15%, exercită o influenţă favorabilă şi, aceasta, cu atît mai mare cu cît condiţiile de încercare sînt mai severe şi conţinutul de carburi mai important. Astfel, amelioarea este de ordinul a 100% pentru oţelurile VMoC120;

- influenţa nivelului durităţii asupra aptitudinii la rectificare este cu atît mai mare cu cît oţelul este mai dificil de rectificat. Astfel, indicele G al oţelului VM 18 trece de la 30 (în stare tratată) la 50 (în stare recoaptă), în timp ce, în aceleaşi condiţii, indicele oţelului C 120 trece de la 3 la 11.

Marca de oţel C 120 (2% C; 12% Cr). Acest oţel, care nu conţine alte elemente de aliere decît cromul, prezintă o călibilitate mai redusă faţă de celălalt oţel din grupă. Din această cauză, călirea în aer va fi limitată la secţiunile echivalente acelora unei bare rotunde de circa 50 mm diametru. Secţiunile mai mari se vor căli în ulei sau în băi de săruri la 340 - 380°C. Acest ultim mod de călire reduce la maximum riscurile de deformare, dar nu poate fi aplicat decît la secţiuni care nu depăşesc pe acelea ale unei bare rotunde cu diametrul de circa 140 mm.

Atingerea temperaturii de călire trebuie să se facă cu toate precauţiile indicate pentru acest tip de oţel şi, mai ales, după două paliere de preîncălzire la 500°C şi la 800 - 850°C. Temperatura u-

zuală va fi de 960 - 1000°C, limita superioară corespunzînd pieselor mai voluminoase. O creştere a temperaturii de călire atrage după sine un nivel mai mare de punere în soluţie a carburilor de crom în matricea austenitică. Imbogăţirea în carbon a austenitei conduce, la început, la o creştere a durităţii, apoi la o scădere a acesteia, provocată de creşterea conţinutului de austenită reziduală, ca urmare a scăderii sensibile a temperaturii Ms[x]. Aceasta trece, după L.Colombier, de la 180°C, pentru o temperatură de austenitizare de 970°C (cu 10% austenită reziduală la temperatura normală), la 70°C, pentru o austenizare la 1050°(cu 65% austenită reziduală). In acest ultim caz, o revenire la 500°C produce un maxim de duritate (durificare secundară) prin instabilizarea austenitei şi transformarea sa la răcire în martensită. Duritatea atinsă depăşeşte pe aceea obţinută după călire (figura 4.16). Călirea la temperatură înaltă, urmată de o revenire la 500°C, apoi de o a doua revenire la 470°C, este practicată în scopul ameliorării stabilităţii structurii şi durităţii la cald, pînă la 400°C.

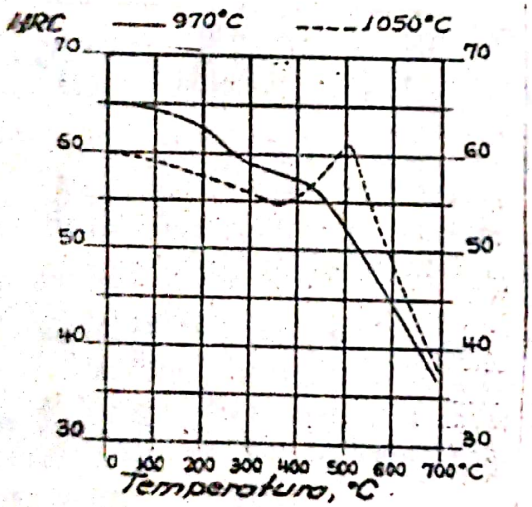


Fig.4.16. - Variaţia durităţii după revenire la un oţel C120, călit la 970°C şi, respectiv, 1050°C (după L.Colombier).

In unele cazuri se practică şi o călire la o temperatură relativ joasă, de ordinul a 900°C, cu preţul unei reduceri sensibile a durităţii, dar cîştigînd la tenacitate şi păstrînd, în acelaşi timp, o bună rezistenţă la uzură a oţelului, ca urmare a prezenţei numeroaselor carburi de crom. Acesta este cazul, mai ales, al nicovalelor pentru ciocanele de forjă pentru fabricarea coaselor prin lovituri succesive, la temperaturi puţin ridicate.

Intrebuinţările oţelului C 120 şi, în general, a întregii familii de oţeluri cu 12% crom sînt numeroase, acesta fiind recomandat

x) Ms - temperatura la care austenita începe să se transforme în martensită, în cursul răcirii.

în toate cazurile în care sînt necesare o rezistenţă foarte ridicată la uzură şi o excelentă nedeformabilitate, admiţîndu-se în schimb o anumită reducere a tenacităţii.

Dintre principalele utilizări ale oţelului C 120 menţionăm:

- scule pentru formarea metalelor sau materialelor abrazive; filiere pentru tragerea sau trefilarea barelor şi sîrmelor de secţiuni rotunde sau profilate; matriţe şi poansoane de tragere la rece a ţevilor din aluminiu, plumb, cupru şi aliajele lor; role pentru formarea şi profilarea benzilor sau tablelor; scule de ambutisare adîncă; piepteni pentru rularea filetelor; arbori cu came; ghidaje de laminor; scule pentru presele de formare a materialelor abrazive (porţelan, ceramică, azbest, ciment, cărămizi etc.);

- scule de tăiere: lame de foarfeci supuse la tensiuni moderate; poansoane şi matriţe de decupare şi poansonare, de serie mare, a tablelor sau benzilor subţiri, mai ales a benzilor silicioase pentru electrotehnică, tablelor inoxidabile şi foilor de arc; panglici sau discuri circulare pentru decuparea tablelor şi benzilor mai subţiri de 4 mm; cuţite şi perniţe pentru cîntare; scule pentru decuparea dinţilor de ferăstrău alternativ sau circular în stare tratată; freze şi scule pentru prelucrarea lemnului, maselor plastice şi a materialelor dure de construcţii ca:granit sau marmură etc.

Marca de oţel VMoC 120 (1,55 % C, 11,5% Cr; 0,5 % Mo, 0,22 % V). Conţinutul mai scăzut de carbon faţă de marca C 120 conferă oţelului VMoC 120 o mai mare tenacitate şi o mai bună prelucrabilitate; călibilitatea creşte şi ea puţin. Rezistenţa la uzură se păstrează, în ciuda conţinutului mai redus de carbon, datorită prezenţei vanadiului, care determină în schimb o creştere a temperaturii de călire cu circa 20%.

Cele două elemente Mo şi V, prezente în compoziţia oţelului, formează la revenirea martensitei, la aproximativ 500°C, carburi speciale de tipul Mo_2C şi V_4C_3. Acestea provoacă un maxim de duritate la această temperatură (figura 4.17). Aşadar, ele ridică duritatea la cald şi permit întrebuinţarea sculelor, executate din acest oţel, pînă la 400 - 450°C. Datorită prezenţei acestor carburi, la rectificare trebuie avut grijă să se evite încălzirea superficială a sculelor, deoarece se pot produce fisuri superficiale.

Oţelul VMoC 120 este recomandat în cazurile în care intervin sarcini specifice foarte ridicate, care pot provoca exfolierea sau fisurarea sculelor fabricate din oţelurile cu 2% C. De exemplu, lame de foarfeci pentru table cu grosimi pînă la 6 mm, poansoane pentru extrudarea sau tragerea la rece, ferăstraie de metal, piepteni de filetat etc. El este, de asemenea, utilizat pentru scule susceptibile a se

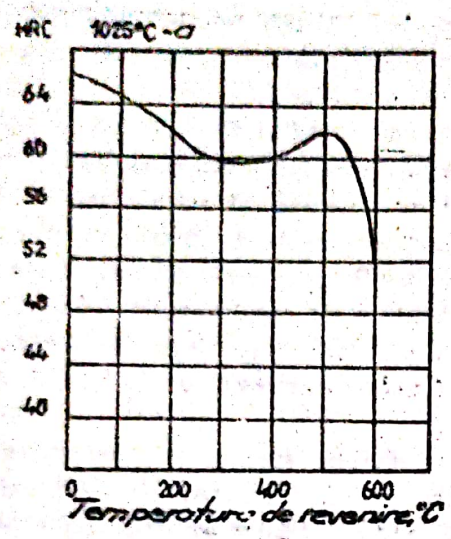


Fig. 4.17 - Evoluţia durităţii oţelului VMoC 120, în funcţie de temperatura de revenire.

încălzi la 400 - 450°C, ca: freze şi rindele pentru lemn, matriţe de presare pentru aliaje uşoare şi alamă, plăci de formare a cărămizilor sau a pieselor din bachelită, ceramică etc.

4.2.1.3. Oţeluri rezistente la şocuri

In această grupă a fost reţinut, în cadrul acţiunii de tipizare a mărcilor de oţel, oţelul VSCW 20. Datorită conţinutului mai scăzut de carbon, în comparaţie cu oţelurile din precedentele două grupe pentru prelucrări la rece, oţelul VSCW 20 atinge, după călire, durităţi net inferioare, dar şi o mai mică fragilitate, care-i permite să reziste la şocuri şi la solicitări bruşte.

Oţelul VSCW 20 (0,45 % C; 1 % Si; 1,15 % Cr; 1,5 % W; 0,22 % V) se caracterizează printr-o tenacitate relativ ridicată la durităţi înalte, de ordinul a 58 HRC, după călire în ulei şi revenire, pe secţiuni medii de ordinul a 30 - 40 mm.

El rezistă bine la şocuri pentru durităţi de acest ordin, iar conţinutul său în elemente de aliere îi permite să suporte temperaturi de lucru moderat ridicate, de ordinul a 200 - 300°C. El prezintă, de asemenea, o bună comportare la tăiere.

Figura 4.18 arată evoluţia durităţii la rece a acestui oţel, în funcţie de temperatura de revenire. El este, mai ales, întrebuinţat pentru execuţia unor scule de calitate în fabricaţia lamelor de foarfeci pentru table, cu grosimi de 6-15 mm, a poansoanelor şi matriţelor de mare randament pentru forjarea profilelor şi tablelor, sfredelelor pneu-

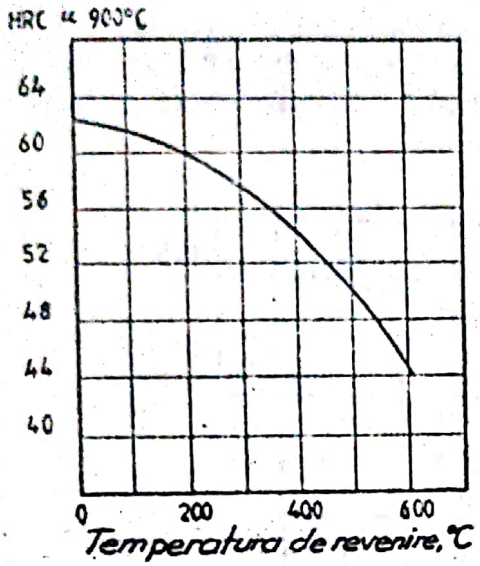


Fig. 4.18. - Evoluţia durităţii la rece a oţelului VSCW 20 în funcţie de temperatura de revenire.

matice şi manuale puternic solicitate, buterolelor, poansoanelor pentru monezi şi medalii, cuţitelor industriale, ejectoarelor pentru prese la cald etc.

Se utilizează, de asemenea, pentru execuţia port-sculelor cu plăcuţe dure din carburi, pistoanelor găurite pentru prese şi a celor pentru tragerea aliajelor uşoare.

Se călesţe la 890 - 920°C în ulei. după care se aplică o revenire la 450 - 600°C. Recoacerea pentru înmuiere se efectuează la 720 - 750°C.

4.2.1.4. Oţeluri rezistente la coroziune

Această grupă este constituită din trei oţeluri inoxidabile martensitice, puternic călibile, care oferă o excelentă rezistenţă faţă de coroziunea atmosferică la rece şi faţă de oxidarea la cald (în jur de 600°C), precum şi la atacul prin diverse produse chimice şi mase plastice, care corodează oţelurile neinoxidabile.

Ele sînt curent utilizate în fabricaţia de cuţite fine, instrumente tăietoare în chirurgie, instrumente de măsură, lame de ras, cuţite şi perniţe de balanţe. Oţelul 90VMoCr 180 este utilizat şi pentru fabricarea rulmenţilor, care lucrează în atmosfere sau medii corosive.

Pentru toate aceste aplicaţii, cea mai bună rezistenţă la coroziune se obţine după călire şi revenire la 180 - 200°C. Este recomandabil ca, simultan, să se realizeze o lustruire foarte îngrijită a suprafeţei: "lustru oglindă" sau "lustru de bijuterii". Durităţile, după călire, sînt de ordinul a 57 - 58 HRC pentru oţelul 90 VMoCr 180, călit la 1030°C şi de 52 HRC pentru oţelurile 30 Cr 130 şi 40 Cr 130, călite la 1000°C.

Aceste durităţi depind puternic de temperatura de călire şi cresc odată cu temperatura de călire, care accentuează trecerea în so-

luţie solidă a carburilor de crom.

Figura 4.19 (12) redă evoluţia durităţilor după călire a oţelurilor de acest tip în funcţie de conţinutul de carbon şi temperatura de călire. Duritatea maximă este atinsă în cazul călirii la 1050°C. La temperaturi şi mai mari, duritatea scade rapid datorită prezenţei unor cantităţi importante de austenită reziduală, pe care chiar o răcire la - 80°C nu reuşeşte să o distrugă.

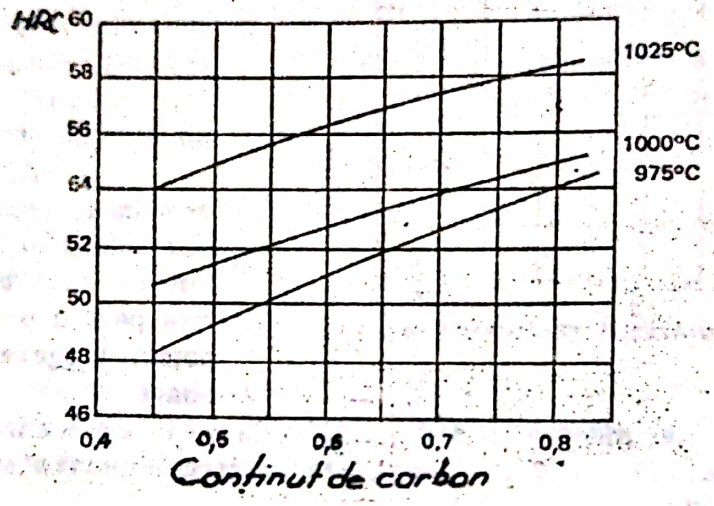


Fig. 4.19. Variaţia durităţii după călire a oţelurilor cu 17 % crom în funcţie de temperatura de călire şi conţinutul de carbon

In plus, punctul de topire al eutecticului este relativ scăzut, puţin superior la temperatura de 1200°C. Din această cauză, aceste oţeluri vor fi sensibile la ardere şi la fragilitatea de forjare care rezultă (33).

Pătrunderea la călire este bună; călirea trebuie obligatoriu să fie urmată de o revenire, pentru a elimina fragilitatea de călire. Conductivitatea termică, mult inferioară celei a oţelurilor carbon sau slab aliate, impune o alură moderată de încălzire pentru a aduce oţelul la temperatura de călire sau forjare. Incălzirea trebuie să se facă foarte lent pînă la 700 - 800°C apoi, mai rapid. Duratele de menţinere la temperatură vor fi de ordinul a un minut pe fiecare mm de grosime. Durata de revenire va fi determinată pornind de la o oră pentru 20 mm grosime, cu menţinere de cel puţin o oră.

In tabelul 4.13 sînt expuse datele privind tratamentele termice de referinţă şi tratamentele termice recomandate.

TABELUL 4.13.

Tratamentele termice de referinţă şi, respectiv, recomandate

Marca oţelului	Tratamente termice de referinţă				Tratamente termice recomandate		
	Duritatea în stare recoaptă HB max.	Călire la °C	Revenire 1 h la °C	Duritatea HRC min.	Recoacere	Călire Temperatură °C	Mediu
30 Cr 130	236	980 .	200	48	750-800	950-1020	ulei
40 Cr 130	241	1000 u	180	50	780-820	980-1020	ulei
90 VMoCr 130	265	1030 a	180	57	870-900	1010-1050	a;u;b.s.

Mărcile de oţel 30 Cr 130 (0,3 % C; 13% Cr) şi 40Cr130 (0,4%C; 13% Cr). Aceste două oţeluri permit să se atingă, după călire şi revenire la 180 - 200°C, o duritate de ordinul a 48 - 54 HRC.

Sînt întrebuinţate pentru execuţia formelor de mase plastice, ca de exemplu PVC, care corodează oţelurile obişnuite; ele pot, în cazul unei elaborări speciale, să prezinte o aptitudine foarte bună pentru polisarea de mare fineţe. De aceea, sînt curent utilizate în fabricarea cuţitelor, foarfecilor, instrumentelor de măsură, şublerelor, sculelor de dentist şi ruletelor pentru măsurat lungimi.

Figura 4.20 ilustrează evoluţia durităţilor oţelului 40Cr130 în funcţie de temperatura de revenire. Maximum de duritate la 450°C se datoreşte, în principal, transformării austenitei reziduale în martensită; acest maxim nu mai apare în caz de călire la 950°C, cînd cantitatea de austenită reziduală este mică.

Marca de oţel 90 VMoCr 180 (0,9% C; 18 % Cr; 1,1% Mo; 0,1 % V). Acest oţel este utilizat după călire în aer suflat sau ulei şi revenit la 180 - 300°C; el atinge, în această stare, 57 HRC după călire la 1030°C şi 59 HRC după călire la 1070°C. Oţelul este recomandat, în mod deosebit, pentru fabricarea cuţitelor de lux, instrumentelor tăietoare chirurgicale, lamelor de ras, cuţitelor şi perniţelor de balanţe.

Cu ajutorul unor tehnici speciale de elaborare, ca de exemplu retopirea sub vid sau pat de zgură, oţelul 90 VMoCr 180 poate atinge o puritate foarte ridicată, răspunzînd la cerinţe foarte severe, cum sînt cele impuse rulmenţilor puternic solicitaţi. Simultan, oţelul elaborat poate fi lustruit extrem de fin.

Figura 4.21. redă evoluţia durităţii în funcţie de revenire. Se observă scăderea accentuată a acesteia în cazul efectuării unor reveniri pînă la 300°C, urmată de o creştere rapidă, care culminează la 500°C. Acest fenomen este datorat, în primul rînd, transformării la revenire a austenitei reziduale în martensită şi, în al doilea rînd, durificării produse de precipitarea carburilor de molibden şi vanadiu; această durificare este însoţită de o fragilizare a oţelului. Aplicarea de reveniri multiple conduce la o ameliorare a caracteristicilor de ductilitate, dar la astfel de tratamente nu se recurge decît în mod excepţional.

Scanned with OKEN Scanner

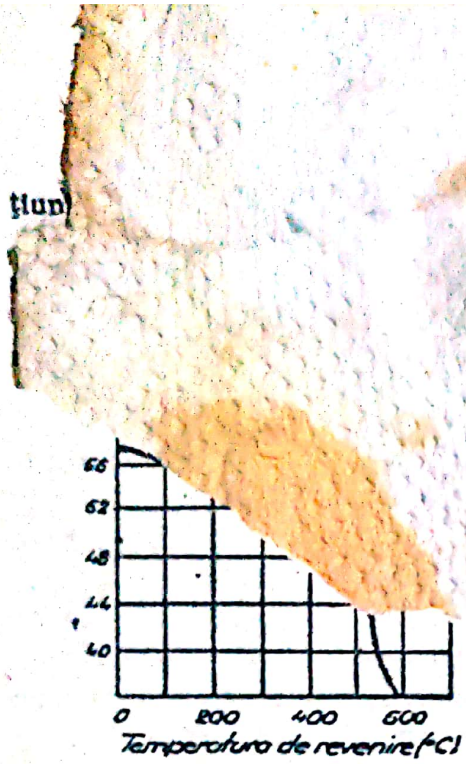


Fig. 4. 20 - Evoluţia durităţii în funcţie de temperatura de revenire, la oţelul 40 Cr 130.

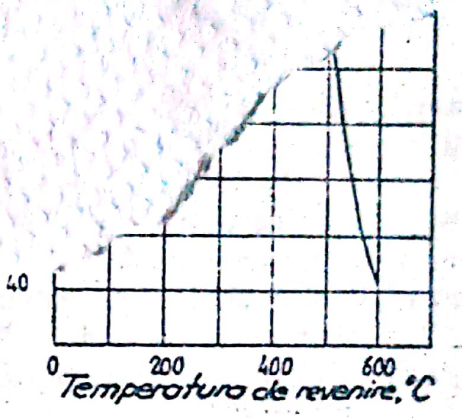


Fig. 4. 21 Evoluţia durităţii oţelului 90 VMoCr 180, în funcţie de temperatura de revenire.

4. 2. 2. Oţeluri pentru prelucrări la cald

Această clasă de oţeluri cuprinde 8 mărci, destinate să lucreze la temperaturi de peste 200°C, fiind utilizate la execuţia sculelor de forjă sau de tăiere la cald.

După condiţiile de întrebuinţare, oţelurile din această clasă trebuie să satisfacă una sau mai multe din cerinţele următoare:

- comportare mecanică bună la temperaturile de întrebuinţare; în mod deosebit, o rezistenţă satisfăcătoare la şocuri mecanice, la deformarea prin fluaj sub presiuni ridicate şi la uzură;
- rezistenţă la şocuri termice, definită ca aptitudine satisfăcătoare de a suporta schimbări rapide de temperatură;
- rezistenţă la oboseală termică, proprietate ce constă într-o rezistenţă ridicată la fisurare după un număr mare de cicluri alternante de încălziri şi răciri în timpul lucrului.

Oţelurile pentru prelucrări la cald se împart în patru grupe:

- oţeluri rezistente la şocuri mecanice;
- oţeluri rezistente la şocuri termice;
- oţeluri rezistente la temperaturi foarte ridicate;
- oţeluri rezistente la uzură la temperaturi ridicate.

Oţelurile din primele trei grupe au o structură martensiti-

...nă

şi îmo... ...vol-

...i şi duri-

framul, măres... ...ate.

tăţi necesare, î... ... a patra, se deo-

Oţelul ... primele trei grupe

sebeşte considerabil ... nichel şi crom. Acestea con-

prin prezenţa unor conţinu... feră oţelului o structură austenitică, amagnetică, ca şi o bună rezis-

tenţă la oxidare la cald şi la fluaj. Din contră, rezistenţa lui la trac-

ţiune şi limita de curgere la temperatura normală sînt mici.

4.2.2.1. Principalele cauze ale scoaterii din serviciu a sculelor la cald

In capitolul 3 au fost prezentate cauzele de ordin general ale distrugerii sculelor. Acest paragraf este consacrat aspectelor specifice scoaterii din serviciu a sculelor la cald, care n-au fost tratate anterior.

a. Ruperea mecanică în serviciu. Asemenea incidente de aparenţă brutală nu sînt, de cele mai multe ori, decît sfîrşitul unui fenomen de oboseală, a cărui dezvoltare progresivă n-a putut fi descoperită la timp şi care poate, totuşi, să se producă în primele ore de exploatare a sculei.

Cauzele sînt cel mai adesea identice cu cele care provoacă ruperea sculelor la rece:

- şocuri excesive impuse unui metal prea dur sau prea puţin tenace. Tenacitatea scăzînd, de regulă, odată cu creşterea durităţii, se recomandă adaptarea caracteristicilor mecanice ale sculei la condiţiile de întrebuinţare. Astfel, o matriţă pentru ciocanele de forjă, care trebuie să suporte şocuri mecanice importante, se va trata pentru o duritate cu 15 - 45 unităţi Brinell, mai mică decît cea a unei matriţe de presă. Se atrage atenţia că o sculă poate prezenta o fragilitate excesivă la cald, în cazul în care lucrul se începe cu scula rece sau insuficient preîncălzită;

- configuraţia incorectă a cavităţii de lucru (partea activă), ceea ce provoacă concentrări de tensiuni mecanice sau termice în por-

ţiunile care prezintă unghiuri;

- grosimi insuficiente de perete sau masă insuficientă a sculei pentru a suporta presiunile din timpul lucrului.

Un mijloc eficace pentru a prelungi durata de exploatare a matriţelor este de a freta partea centrală, în care se află cavitatea de lucru într-o port-matriţă, executată dintr-un oţel mai puţin nobil, foarte tenace şi tratat pentru rezistenţe de ordinul a 800-1200 N/mmp. Matriţa propriu-zisă, numită "inserţie", "miez" sau "grăunte" este puternic bridată şi rezistă cu mult mai bine solicitărilor mecanice sau termice.

Această soluţie prezintă şi avantaje economice: economie de oţel puternic aliat cu elemente deficitare, utilizat pentru fabricarea matriţei, şi posibilitatea de a întrebuinţa aceeaşi port-matriţă pentru matriţe de forme şi utilizări diferite.

b. Deformarea prin fluaj la cald. Se ştie că limita de curgere a unui oţel sau rezistenţa sa la deformare instantanee scade rapid cu creşterea temperaturii. Astfel, la 350°C de exemplu, limita de curgere a unui oţel carbon este redusă, uneori, la aproape jumătate din cea măsurată la temperatura normală. Fapt şi mai grav, începînd de la 350°C, un astfel de oţel încetează de a mai fi un material elastic şi, cînd este supus la anumite sarcini, prezintă deformaţii care cresc în funcţie de durata de aplicare pentru tensiuni descrescătoare, odată cu creşterea temperaturii. Acest fenomen, numit fluaj la cald, se produce în porţiunile sculelor supuse la presiuni ridicate prelungite sau repetate de un număr mare de ori

Unele elemente de aliere, printre care în mod deosebit molibdenul, wolframul sau vanadiul, îmbunătăţesc caracteristicile mecanice la cald.

c. Uzura la cald. Mecanismul uzurii la cald nu este fundamental diferit de cel al uzurii la rece. El este legat, în primul rînd, de nivelul durităţii la cald a oţelului, adesea mult inferior celui la rece şi de prezenţa în oţel a unor carburi sau structuri micrografice specifice.

Fenomenul uzurii la cald este strîns legat şi de deplasarea la cald a metalului presat în cavitatea de lucru a matriţei, de acţiunea abrazivă a oxizilor superficiali şi de rezistenţa la cald a metalului presat. Forma cavităţii de lucru este şi ea de mare importanţă. In mod deosebit, părţile proeminente - supuse unei încălziri prea mari şi unor tensiuni mecanice prea ridicate - suferă cel mai mult efectul uzurii. Ele vor trebui să fie protejate contra unei încălziri excesive printr-o răcire corespunzătoare.

Uzura la cald poate, în plus, să fie redusă adoptînd următoarele măsuri:

. alegerea adecvată a mărcii de oţel pentru execuţarea scu-

lei şi obţinerea durităţii necesare după tratamentul termic;

- concepţia raţională a cavităţilor de lucru succesive pentru punerea în formă a piesei ce se prelucrează şi, corelat, progresia potrivită a deformaţiilor impuse;

- limitarea excesului de greutate a semifabricatului, al cărui exces de material, dificil de evacuat, determină o oboseală inutilă a sculei;

- încălzirea corespunzătoare a semifabricatului, încît să se asigure acestuia o temperatură uniformă în secţiune , pînă în miez;

- curăţirea rapidă de oxizi a semifabricatului la scoaterea din cuptor prin mijloace potrivite sau, de preferinţă, încălzirea semifabricatului în cuptoare cu atmosferă controlată;

- răcirea şi lubrifierea adecvată a cavităţii de lucru (părţii active) a matriţei.

După revista Metal Forming (vol. 38, febr. 1971), cei şapte factori care determină durata de uzură a unei matriţe de forjă sînt următorii:

1. blocurile rabotate şi regravate durează mai puţin pentru că duritatea în masă este mai mică decît la suprafaţă;

2. blocurile rabotate şi regravate cîntăresc mai puţin decît cele noi. Energia de şoc este mai mică. Pentru a efectua deformarea sînt necesare lovituri suplimentare, care scurtează viaţa matriţei;

3. Mărimea intervalelor de variaţie a compoziţiei chimice a oţelurilor de matriţe are influenţă asupra duratei;

4. duritatea iniţială a blocurilor de matriţă este importantă; cu cît duritatea este mai ridicată, cu atît uzura este mai puţin rapidă;

5. temperatura semifabricatului de matriţat;

6. oxidul aderent de pe suprafaţa semifabricatului;

7. energia ciocanului de forjă.

Dintre aceşti factori, doi au o importanţă capitală:

- Factorul 5, făcînd să crească temperatura semifabricatelor de la 1100 la 1200°C, durata matriţei se dublează;

- Factorul 6, oxidul este un abraziv puternic; după ce semifabricatul este perfect curăţit de oxid sau dacă este ferit de oxidare, durabilitatea matriţei creşte de la simplu la dublu.

d. Ruperea prin şocuri termice. Ruperea sculelor prin şocuri termice consecutive, date de variaţiile rapide ale temperaturii oţelului la încălzire şi la răcire, prezintă o anumită analogie cu ruperea mecanică. Este vorba de o rupere de tip fragil, produsă prin încălziri şi răciri prea brutale. Astfel de ruperi pot să fie iniţiate şi de

fisurile superficiale produse prin oboseală termică.

Sensibilitatea la şocuri termice este favorizată de către factorii care măresc fragilitatea sculei, ca: duritate mare, conţinut ridicat de carbon, configuraţii geometrice care comportă atît porţiuni subţiri cît şi masive, schimbări bruşte de secţiune şi unghiuri. Prezenţa conţinuturilor ridicate de elemente de aliere care, cu excepţia cobaltului, reduc conductivitatea termică a oţelului şi favorizează ruperile prin şocuri termice.

Se atrage atenţia că revenirea după călire trebuie, întotdeauna, efectuată la o temperatură superioară aceleia la care va lucra scula.

e. Oboseala termică. Ciclurile repetate de încălziri şi răciri, cărora la este supusă o sculă pentru prelucrări la cald, creează tensiuni termice de dilatare şi contracţie, alternante. Suprafaţa sculei, care se găseşte în contact cu metalul cald, se încălzeşte pe o anumită adîncime şi se dilată, creînd astfel tensiuni de compresiune şi, eventual, o deformare plastică. La încetarea acestui contact, părţile calde se răcesc cu aer comprimat sau lichide pulverizate şi se contractă, dezvoltînd la suprafaţa sculei tensiuni de tracţiune.

Figura 4.22. datorată lui D. Rousseau explică mecanismul formării tensiunilor alternante. Acestea, mai pronunţate în straturile exterioare ale sculei, provoacă o deteriorare progresivă a suprafeţei de contact, ceea ce conduce la formarea unei reţele de fisuri sau crăpături. Astfel de reţele se formează pe feţele cavităţilor de lucru ale

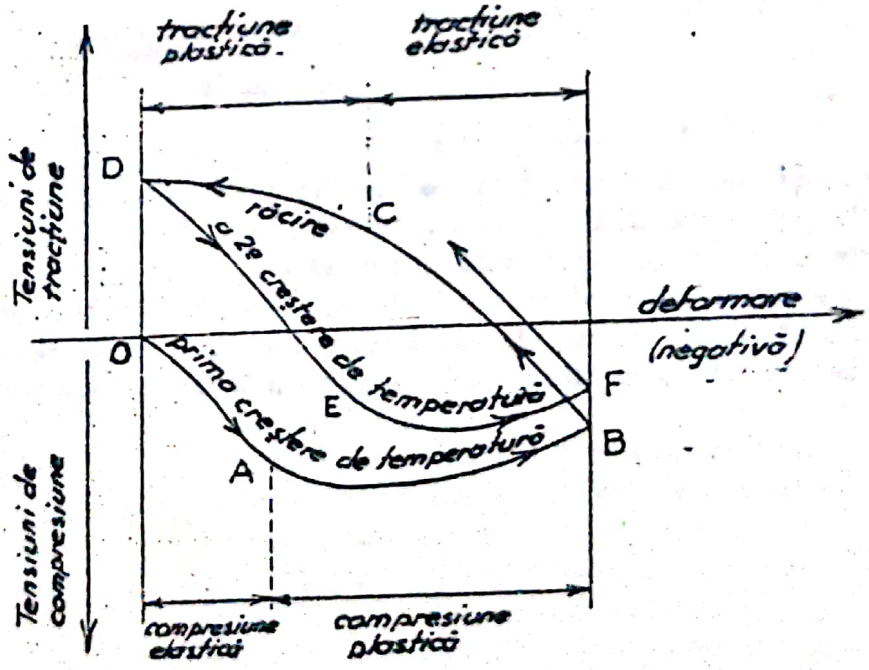


Fig. 4.22. Mecanismul oboselii termice

sculelor de forje şi presaj la cald, în interiorul lingotierelor, cochilliior pentru turnare sau al formelor pentru sticlă topită, pe suprafeţele cilindrilor de laminare la cald etc.

Fisurile superficiale se extind şi se adîncesc progresiv sub acţiunea repetată a tensiunilor termice şi conduc, în final, la scoaterea din serviciu a sculei, fie prin ruperea ei, fie prin degradarea inacceptabilă a suprafeţei produselor forjate sau turnate.

Nu există încercări care să permită evaluarea, într-o manieră precisă, a rezistenţei unui oţel la oboseală termică. Practica industrială a demonstrat că o limită de curgere ridicată la cald şi o bună rezistenţă la fluaj permit să se reducă deformaţiile plastice care se găsesc la baza fisurii.

Mărimea grăuntelui austenitic al oţelului nu are o acţiune directă asupra comportării la oboseală termică. Cu toate acestea, un grăunte mic determină o reţea compactă de fisuri fine. O astfel de reţea prezintă avantajul, faţă de o reţea extinsă de fisuri grosiere, că reduce fragilitatea sculei şi conduce la o suprafaţă mai acceptabilă, care permite astfel să se prelungească durata de utilizare a unei forme sau a unei matriţe. Este recomandabil, în plus, să se aibă grijă ca scula să se preîncălzească în întreaga masă, la 250 - 300°C, înaintea începerii lucrului. Această operaţie prezintă dublul avantaj că reduce fragilitatea la şoc şi că diminuează gradientul termic dintre suprafaţă şi miez în timpul lucrului, care se află la originea oboselii termice. Este, de asemenea, recomandabil să se evite variaţiile prea mari de temperatură în timpul lucrului.

4.2.2.2. Proprietăţile tehnologice şi de întrebuinţare

In tabelul 4.14. sînt sintetizate proprietăţile esenţiale care se cer în cazul oţelurilor pentru prelucrări la cald şi condiţiile ce trebuie realizate pentru a le satisface. In majoritatea cazurilor, este necesar un compromis între cerinţe, mai mult sau mai puţin contradictorii, punînd accentul pe una sau alta din proprietăţile cerute. In acest sens, cauza principală care provoacă scoaterea din serviciu a sculei va constitui pentru utilizator o indicaţie preţioasă.

TABELUL 4.14

Tablou sinoptic al proprietăţilor cerute şi al condiţiilor de realizat în cazul oţelurilor pentru prelucrări la cald

Proprietăţi cerute	Condiţii de realizat
Rezistenţă la şocuri şi la oboseală mecanică	. caracteristicile mecanice vizate şi alegerea oţelului constituie un compromis în vederea obţinerii, la temperatura de lucru, a unei tenacităţi suficiente (rezistenţă la şocuri), simultan cu o rezistenţă cît se poate de ridicată; . forma cavităţilor de lucru sau succesiunea acestora, astfel încît să reducă factorii de concentrare a tensiunilor; . masă suficientă a blocului sculei sau eventual fretaj; . preîncălzirea sculei înaintea începerii lucrului.
Rezistenţa la deformare plastică la cald	. compoziţia chimică şi tratamentul termic care asigură o limită de curgere la cald şi o rezistenţă la fluaj cît mai ridicată posibil; . răcire suficientă; . masă suficientă sau eventual fretaj;
Reducerea uzurii la cald	. duritate ridicată la cald prin alegerea unei compoziţii şi structuri micrografice (matrice şi carburi) corespunzătoare pentru aceeaşi duritate la rece, duritatea la cald putînd varia de la o marcă la alta; . răcire potrivită a părţilor cele mai calde şi mai solicitate; . concepţie corectă a formei cavităţilor de lucru şi utilizare adecvată a cavităţilor de lucru, succesive; . curăţirea de oxizi a semifabricatelor sau încălzire în atmosferă controlată; . încălzire suficientă şi omogenă a semifabri-

	catelor; . lubrifiere adecvată a suprafeţelor de lucru.
Rezistenţă la şocuri termice	. caracteristici mecanice şi forme adecvate (ca pentru şocuri mecanice); . încălzire suficientă şi răcire corespunză - toare pentru a minimiza şocurile termice;
Rezistenţă la oboseală termică	. lubrifiere adecvată a suprafeţelor de lucru; . limită de curgere la cald ridicată; . grăunte fin; . încălzire suficientă la începerea lucrului şi răcire corespunzătoare pentru a menţine scula la o temperatură convenabilă şi cît mai uniform posibil.

a. Oţelurile rezistente la şocuri mecanice. Cele două mărci de oţel din această grupă reunesc, la niveluri diferite, trei proprietăţi esenţiale pentru sculele destinate prelucrărilor la cald: o tenacitate ridicată, o duritate satisfăcătoare la rece şi la cald şi o bună călibilitate. Accentul a fost pus pe rezistenţa la şocuri mecanice, în timp ce duritatea la cald scade, începînd de la 400 - 500°C. Datorită acestui fapt, sculele executate din aceste oţeluri nu trebuie să rămînă în contact prelungit cu metalul foarte cald. Aceste oţeluri sînt recomandate, mai ales, pentru matriţe de forje, poansoane la cald, lame de foarfece etc.

In funcţie de natura matriţelor şi sculelor, revenirea după călire se va efectua între 500 - 600°C, iar durităţile realizate se vor situa între 450 şi 360 HB.

In tabelul 4.15 sînt prezentaţi parametrii tratamentelor termice de referinţă şi, respectiv, recomandate pentru oţelurile rezistente la şocuri mecanice.

TABELUL 4.15

Tratamente termice de referinţă şi, respectiv, recomandate

Marca de oţel	Tratamente termice de referinţă			Tratamente termice recomandate			
				Recoacere înmuiere		Călire	
	călire	revenire 1 oră °C	duritate HRC	°C	duritate HB max	°C	HRC
MoCN15	860 ulei	529	40	680-700	240	840-880 ulei	48
VMoCN17	850 ulei	500	43	660-70	255	840-880 ulei	48
						860-900 aer	

Mărcile de oţel MoCN15 (0,55%C;0,7%Cr; 1,46%Ni; 0,22%V) şi VMoCN17 (0,57%C; 1,1%Cr; 1,75%Ni; 0,15%V; 0,55%Mo). Aceste două oţeluri sînt foarte apropiate, diferenţele constînd - în principal - în conţinutul mai ridicat de nichel şi în prezenţa molibdenului în cel de-al doilea oţel, care are drept efect o mai mare călibilitate ce-l impune a fi întrebuinţat pentru blocuri sau scule mai masive.

După călire în ulei, aceste două oţeluri ating durităţi ridicate, pînă la 60 HRC ceea ce le permite şi utilizarea pentru scule care lucrează la rece, aceasta datorîndu-se conţinuturilor relativ ridicate de carbon, cele mai ridicate din această clasă. Pentru astfel de întrebuinţări, aceste două oţeluri prezintă avantajul unei mai bune tenacităţi.

Principalele lor calităţi sînt:

- o constanţă ridicată în comportarea la tratamente termice;
- o susceptibilitate scăzută faţă de fisurarea la cald;
- o bună rezistenţă la uzură;
- o prelucrabilitate mai bună faţă de celelalte oţeluri din grupă;
- preţ mai scăzut de achiziţionare.

Aceste proprietăţi le impun, în mod deosebit, la fabricarea matriţelor medii şi mari pentru presare la cald.

Rezilienţa, destul de scăzută după revenire la temperaturi mai mici de 550°C, creşte sensibil la reveniri mai înalte. Tratamentul de îmbunătăţire comportă, deseori, două reveniri suscesive, la 600 şi 550°C, pentru a elimina efectele unei eventuale prezenţe a austenitei reziduale.

Figura 4.23 redă evoluţia durităţii la rece în funcţie de

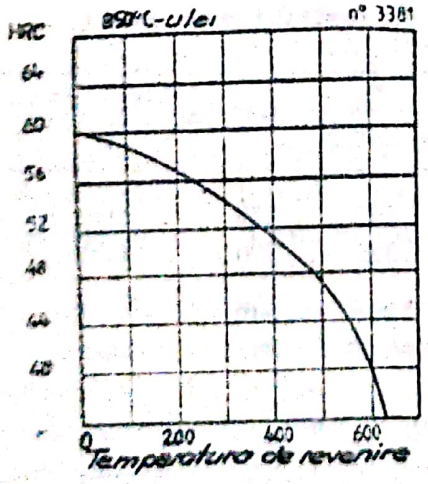


Fig. 4.23. Evoluţia durităţii oţelului VMoCN17 în funcţie de temperatura de revenire

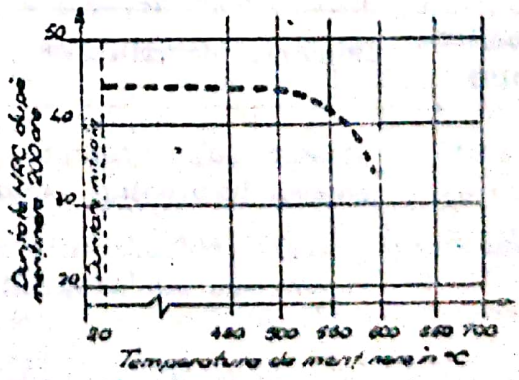


Fig. 4.24. Rezistenţa faţă de înmuierea la cald a oţelului VMoCN17

temperatura de revenire, iar figura 4.24 variaţia durităţii în funcţie de temperatură, după menţineri de 200 ore la temperaturi mergînd pînă la 600°C, în cazul oţelului VMoCN17.

Se recomandă tratarea termică a blocurilor executate din aceste oţeluri, înainte de prelucrare, pentru a putea realiza mai multe rectificări succesive ale cavităţilor de lucru uzate, fără a recurge la alte tratamente termice. Durităţile recomandate de Metals Handbook (22) pe blocurile pretratate sînt date în tabelul 4.16.

TABELUL 4.16

Durităţile recomandate de Metals Handbook pentru blocurile pretratate

Durităţi		Dimensiuni transversale mm	Lungimi mm	Greutatea aproximativă kgf
HB	HRC			
444-477	47 - 50	250x375	500	400
388-429	42 - 46	250x425	500	450
341-375	37 - 40	375x500	900	1500
302-331	32 - 36	375x700	1200	2700
269-293	28 - 31	după posibilitatea beneficiarului		

Producătorii specializaţi din Franţa recomandă, pentru blocurile de matriţă pretratate, caracteristicile indicate în tabelul 4.17.

TABELUL 4.17

Caracteristicile recomandate de producătorii francezi specializaţi, pentru blocurile de matriţă pretratate

Secţiuni mmp	Domeniul de utilizare	R N/mmp	HB	Revenirea °C
S <300	gravuri puţin profunde şi supuse la presiuni puternice	1460 1320	430 390	500 550
300≤S≤450	gravuri profunde cu modificări importante ale secţiunii transversale	1280 1160	380 340	550 580
S >450	gravuri foarte profunde de forme complicate	1130 970	335 290	580 610

b. Oţelurile rezistente la şocuri termice. Toate cele patru mărci de oţel din această grupă posedă facultatea de a asigura un bun compromis între o rezistenţă înaltă la înmuiere, la temperaturi relativ ridicate, superioară celei a oţelurilor din grupa precedentă şi o bună rezistenţă la şocuri mecanice şi termice. De regulă, aceste oţeluri sînt utilizate la temperaturi superioare în comparaţie cu oţelurile din grupa precedentă.

In tabelul 4.18 sînt prezentate datele pentru tratamente termice de referinţă şi, respectiv, recomandate.

TABELUL 4.18

Tratamentele termice de referinţă şi, respectiv, recomandate

Marca de oţel	Tratament termic de referinţă			Tratament termic recomandat			
				recoacere-înmuiere		călire	
	călire °C	la revenire la °C	HRC min	°C	HB max	°C	HRC min
MoVC50.10	1020aer	550	48	750 790	231	1020 u;a 1050 bi	x
MoWC53	1020aer	550	50	750 800	240	1020 u;a 1060 bi	x
MoVC50.13	1020aer	550	49	750 800	240	1000 u;a 1040 bi	x
MoVC30	1040ulei	550	47	750 800	230	1020 u;a 1060 bi	x

x) durităţile minime se stabilesc de comun acord între părţi

Mărcile de oţel MoVC 50.10 (0,4%C; 5,3%Cr; 0,37%V; 1,1%Mo), MoVC 50.13 (0,4%C; 5,25%Cr; 1%V; 1,35%Mo) şi MoWC 53 (0,36%C; 5,3%Cr; 1,1%W; 0,27%V; 1,45%Mo). Aceste trei oţeluri prezintă compoziţii şi proprietăţi apropiate conţinuturi medii de: carbon (0,35 - 0,4%), siliciu (1%), crom (5,3%) şi molibden (1,35%). Ele diferă prin conţinutul de vanadiu, care variază de la 0,27 la 1%, şi prin prezenţa a 1,1%W în ultima marcă de oţel.

Curbele lor de duritate în funcţie de revenire (figurile 4.25 - 4.27) indică o creştere de duritate în jur de 475°C, urmată de o scădere rapidă. Durităţile după călire şi evoluţia lor în funcţie de revenire sînt influenţate de temperaturile de călire. Crescînd această temperatură se pune în soluţie o cantitate mai mare de carburi, ceea ce se traduce printr-o creştere a durităţii. Figura 4.28 redă evoluţia

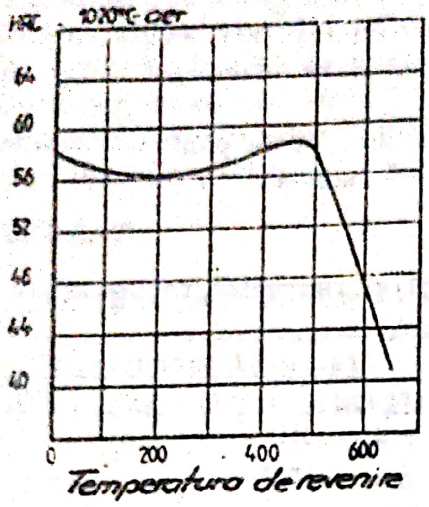


Fig. 4.25. Evoluţia durităţii în funcţie de temperatura de revenire a oţelului MoVC50.10

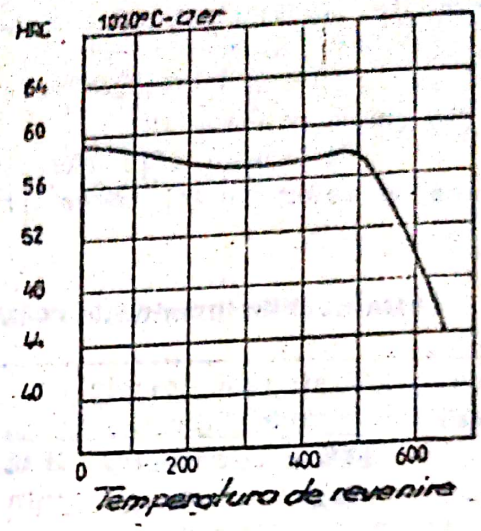


Fig. 4.26. Evoluţia durităţii în funcţie de temperatura de revenire a oţelului MoVC50.15

durităţilor unui oţel de tip MoVC 50.13, călit la 980, 1050 şi 1080°C în funcţie de revenire, iar figura 4.29, scăderea durităţii în funcţie de durata de menţinere la 250, 550, 600 şi 625°C a aceluiaşi oţel, călit la 1050°C.

Aceste trei oţeluri sînt de uz curent pentru sculele care lucrează la cald şi au mărci echivalente în toate standardele de circulaţie internaţională.

Călibilitatea lor ridicată permite durificarea în miez prin călire în aer, pe secţiuni de 200 mm latură, şi în ulei sau băi de săruri, la 450 - 500°C, pentru secţiuni superioare.

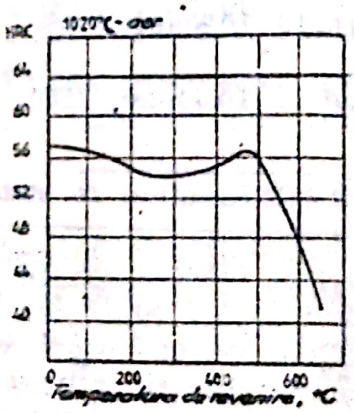


Fig. 4.27. - Evoluţia durităţii în funcţie de temperatura de revenire a oţelului MoWC53

Rezistenţa lor la înmuiere la cald şi comportarea la uzură sînt bune; ele se caracterizează printr-o excelentă nedeformabilitate la cald.

Marca de bază MoVC 50.10, cea mai întrebuinţată, prezintă o tenacitate şi o rezistenţă la şocuri termice, superioare celor-

lalte două mărci. Adăugarea de 1,1%W în oţelul MoWC 53 îmbunătăţeşte duritatea şi rezistenţa la cald şi permite întrebuinţarea lui la temperaturi mai ridicate pentru scule de forjă.

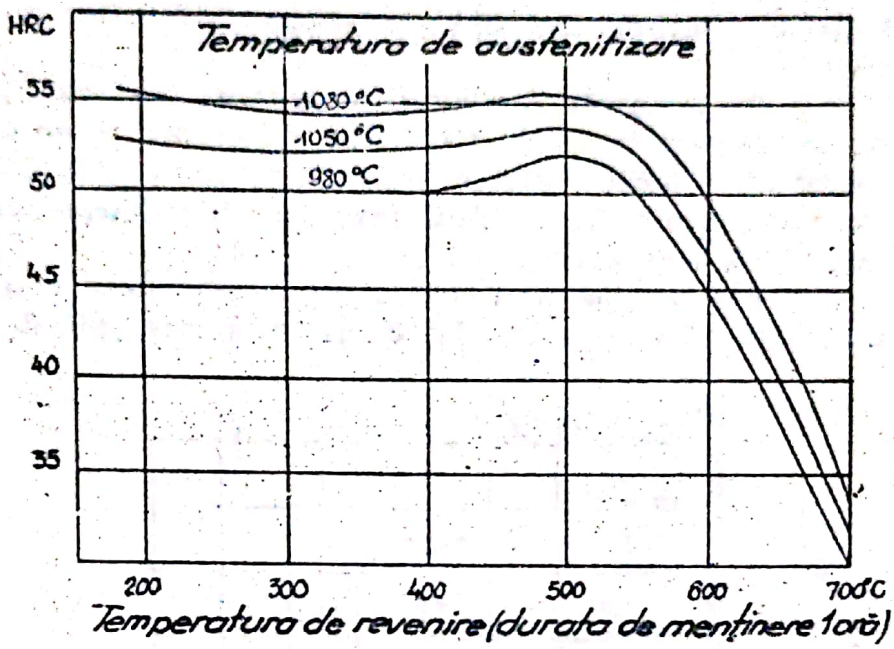


Fig. 4.28. Evoluţia durităţii în funcţie de revenire, după călirea la 3 temperaturi diferite, a oţelului VMoC 50.13

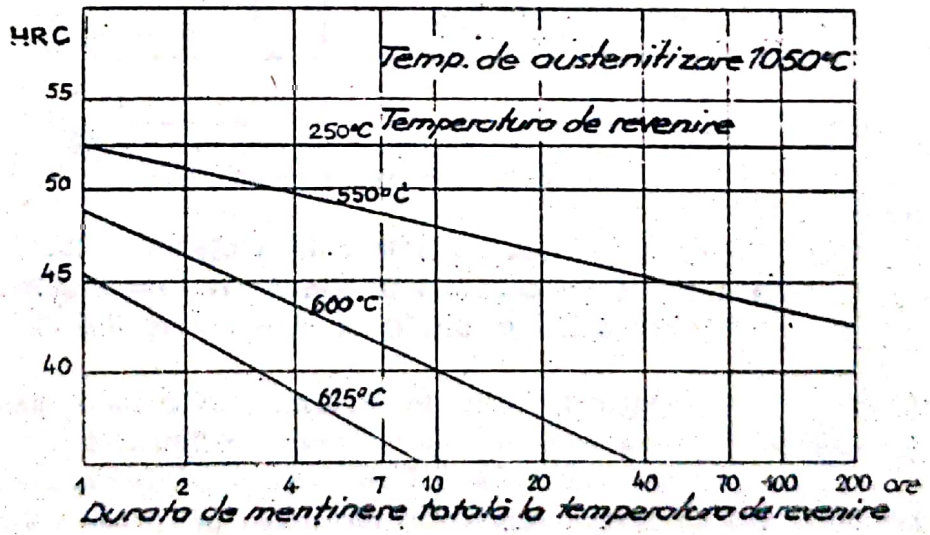


Fig. 4.29. Evoluţia durităţii unui oţel de tip VMoC 50.13, în funcţie de duratele de menţinere, la diferite temperaturi.

Scanned with OKEN Scanner

Prezenţa, în oţelul MoVC 50.13, a unui conţinut mai ridicat de vanadiu îmbunătăţeşte rezistenţa la uzură şi abraziune la cald. Acest oţel este utilizat mai ales la execuţia matriţelor pentru aliaje neferoase.

Ca urmare a durificării secundare, observată pe aceste oţeluri, la reveniri în jur de 500°C, se recomandă să se aplice, în toate cazurile, o dublă revenire: o primă revenire între 550 şi 650°C, după duritatea vizată, şi o a doua revenire, la o temperatură cu 25-50°C mai mică decît prima.

Figura 4.30 redă două curbe de evoluţie a rezistenţei la cald a oţelului călit şi revenit la 590 şi, respectiv, 640°C.

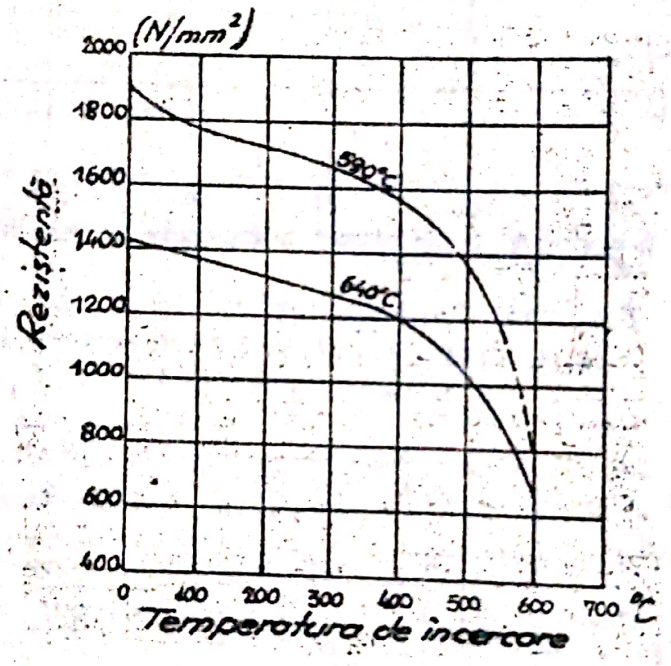


Fig. 4.30. - Rezistenţa la cald a oţelului VMoC 50.10 la diferite temperaturi de încercare, după călire şi revenire la 590°C şi, respectiv, 640°C

Durităţile la cald ale oţelului MoWC 53 - după diverse tratamente de călire şi revenire - sînt date în figura 4.31.

Aceste oţeluri sînt utilizate pentru scule supuse la temperaturi de 300 - 580°C: forme pentru turnarea sub presiune a aliajelor de aluminiu, zinc, plumb sau unele aliaje de cupru, matriţe, poansoane şi mandrine la cald, scule pentru prese de forjat şi pentru fabricarea şuruburilor la cald etc. Ele prezintă avantajul de a putea fi răcite cu apă în timpul lucrului, fără un risc excesiv de fisurare.

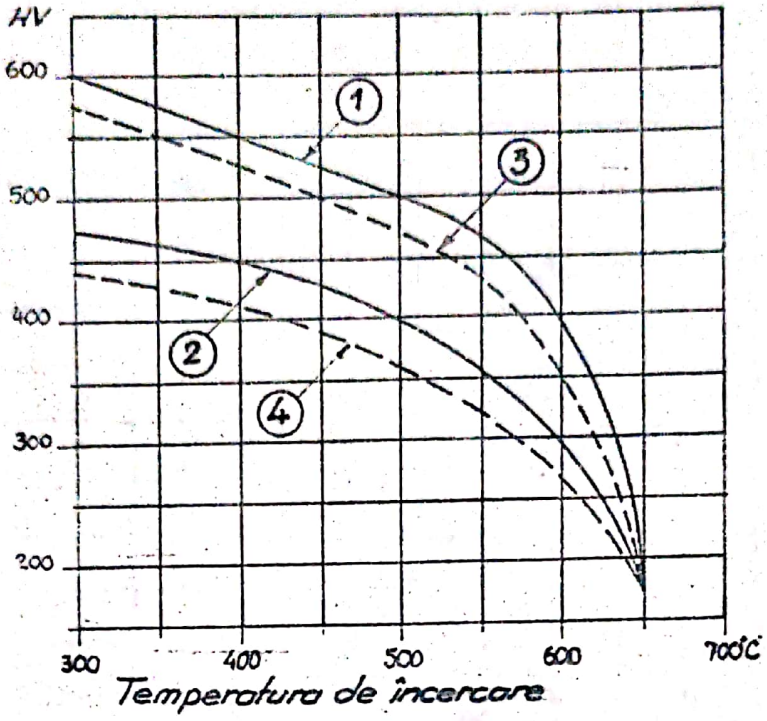


Fig. 4.31. Duritatea la cald după călire şi revenire în cazul oţelului MoWC 53
1. călire la 1050°C, revenire 4 h la 550 + 500°C;
2. călire la 1050°C, revenire 4 h la 600 + 550°C;
3. călire la 1025°C, revenire 4 h la 550 + 500°C;
4. călire la 1025°C, revenire 4 h la 600 + 550°C.

Marca de oţel MoVC 30 (0,31%C; 2,95%Cr; 0,55%V; 2,80% Mo). Acest oţel conţinînd crom în cantităţi sensibil mai mici decît cele trei mărci precedente, dar o cantitate dublă de molibden, prezintă, faţă de ele, o rezistenţă mai mare la cald (figura 4.32), la fluaj şi la uzură la cald, precum şi o mai bună călibilitate. Tenacitatea este, însă, uşor inferioară, cu toate că are un conţinut de carbon mai scăzut.

In cursul revenirii de după călire, figura 4.33, durificarea secundară se produce la o temperatură mai mare de 25°C decît cea a durificării maxime a oţelurilor precedente şi impune întrebuinţarea oţelului MoVC30 la temperaturi superioare, de ordinul a 600-610°C.

Domeniul de utilizare este apropiat domeniului de utilizare al celor trei mărci de oţel precedente, pentru temperaturi de lucru mai ridicate şi în absenţa unor şocuri mecanice importante. El se pretează la răcirea cu apă în timpul lucrului.

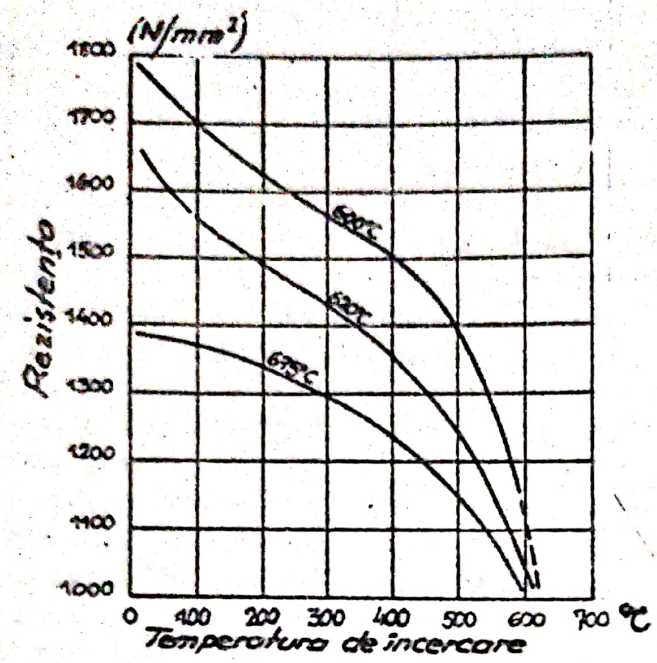


Fig. 4.32. Evoluţia rezistenţei la cald a oţelului MoVC30, după călire la 1050°C şi trei reveniri diferite, în funcţie de temperatura de încercare.

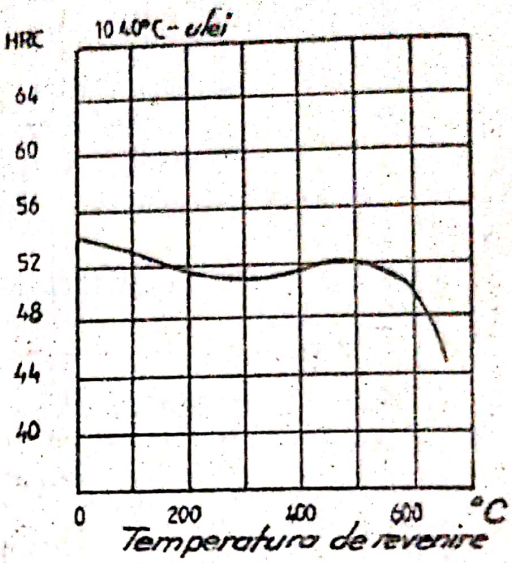


Fig. 4.33. Evoluţia durităţii oţelului MoVC 30 în funcţie de temperatura de revenire, după călirea în ulei de la 1040°C.

c. Oţeluri rezistente la uzură la temperaturi ridicate. Marca de oţel care face parte din această grupă este mai aliată decît oţelurile din grupele precedente şi conţine crom-wolfram-vanadiu. Prezenţa în acest oţel, a acestor elemente de aliere, în conţinuturi ridicate, contribuie la o bună comportare a sa la cald, ca urmare a păstrării unor valori mari de duritate la temperaturile de lucru, precum şi datorită rezistenţei ridicate la uzură şi fluaj. Rezistenţa la înmuiere prin revenire este, de asemenea, îmbunătăţită. Aceste avantaje comportă, în contrapartidă, o comportare mai puţin bună la şocuri mecanice şi/sau termice, necesitatea de a aplica temperaturi de călire ridicate şi luarea unor mari precauţii la încălzirea pentru forjare şi călire, ca şi imposibilitatea de a răci sculele calde cu apă.

Marca de oţel VCW 85 (0,3% % C; 2,45 % Cr; 8,25 % W; 0,35 % V) este un oţel clasic, care a dominat mult timp clasa oţelurilor pentru prelucrări la temperaturi ridicate şi căruia i se găsesc oţeluri echivalente în toate ţările. Principalele sale caracteristici sînt: o mare duritate şi o bună rezistenţă la uzură la cald, superioare oţelu-

rilor prezentate anterior.

Figura 4.34 ilustrează evoluţia durităţii în funcţie de revenire, comportînd o durificare secundară în jur de 550°C, datorată, în special, precipitării carburii W_2C. Această durificare se produce la circa 50°C peste temperaturile de durificare ale oţelurilor precedente, impunînd utilizarea sa la temperaturi de lucru mai ridicate.

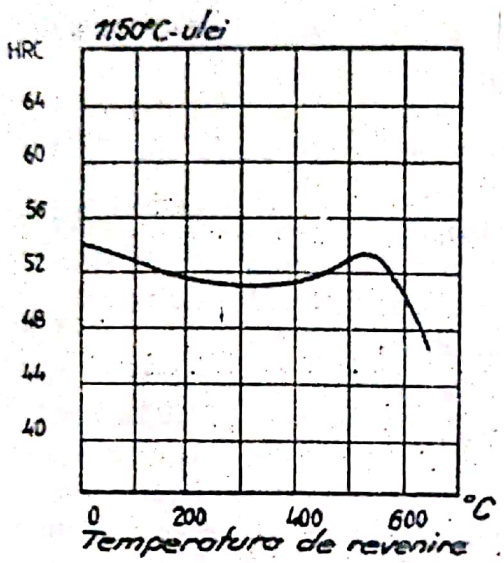


Fig. 4.34. Evoluţia durităţii oţelului VCW 85 în funcţie de temperatura de revenire, după călire în ulei de la 1150°C.

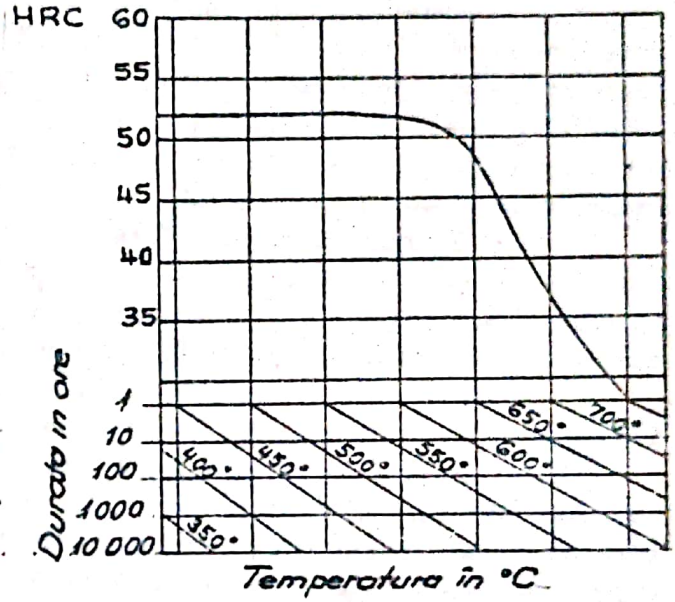


Fig. 4.35. Rezistenţa la înmuiere a oţelului VCW 85 pentru diferite temperaturi şi durate de menţinere (călire 1150°C, revenire 550°C şi HRC 52).

Buna rezistenţă la înmuiere la cald este ilustrată în figura 4.35, care permite să se constate că oţelul păstrează o duritate de 45 HRC, după o menţinere de:

>10000 ore la 500°C
1000 ore la 550°C
50 ore la 600°C
şi > 1 oră la 650°C

După o menţinere de 1 oră la 700°C, oţelul are încă o duritate de peste 35 HRC.

Acest oţel prezintă, din contră, o tenacitate destul de mică, cea mai bună tenacitate corespunzînd unei reveniri uşor inferioare apariţiei durificării secundare; el este, de asemenea, sensibil la şocuri

termice. In consecinţă, nu este recomandabil să se utilizeze acest oţel la execuţia sculelor pentru ciocane de forje şi să se răcească prin stropire cu apă sculele prea calde. Răcirea va putea fi asigurată, în regim uniform, prin apă recirculată. Se poate, de asemenea, utiliza la scule fretate, pentru a suporta mai bine tensiuni repetate. Domeniul său de utilizare se situează în jur de 650°C.

Sculelor, care lucrează la cald, trebuie să li se aplice o revenire de 2 - 4 ore, la o temperatură cel puţin egală aceleia pe care o vor atinge în timpul lucrului. Domeniul de revenire se extinde între 550 şi 650°C, în funcţie de duritatea căutată. O a doua revenire, de aceeaşi durată, la o temperatură cu 25 - 50°C mai mică decît prima, este stăruitor recomandată.

Temperatura de călire recomandată este de 1150°C, care permite să se realizeze un bun compromis între tenacitate şi duritate la cald. Tenacitatea se va îmbunătăţi pe seama durităţii, efectuînd călirea, în cazul sculelor de forme complicate, la 1050°C.

Din contră, călirea la 1200°C va ameliora rezistenţa la înmuiere prin revenire, dar va conduce la o ductilitate mai puţin bună.

Principalele sale întrebuinţări sînt: cochiliile pentru turnarea sub presiune a aliajelor de cupru şi aluminiu, sculele pentru piesele de forjat, poansoanele pentru refularea la cald a scaunelor de supapă, matriţele pentru presarea la cald a supapelor şi clapeţilor, miezurile oarbe pentru forme etc.

d. Oţeluri rezistente la temperaturi foarte ridicate. La începutul acestui capitol am arătat influenţa pozitivă a conţinuturilor crescînde de molibden, wolfram, vanadiu, crom şi, parţial, siliciu asupra rezistenţei mecanice la temperaturi înalte; rolul nichelului, din contră, este de ameliorare a tenacităţii şi călibilităţii sculelor.

Totuşi, cînd temperatura sculei depăşeşte 600°C, două fenomene capătă o importanţă progresivă cu creşterea temperaturii: fluajul sub tensiune şi oxidarea la aer.

Oţelurile inoxidabile austenitice cu conţinut ridicat de nichel, crom şi siliciu prezintă o creştere sensibilă a rezistenţei la fluaj şi la oxidare, în comparaţie cu oţeluri precedente martensitice.

Absenţa fenomenului de transformare de fază la încălzirea şi răcirea acestor oţeluri, a căror structură este austenitică la orice temperatură, contribuie şi la îmbunătăţirea comportării lor la şocuri termice.

Dimpotrivă, datorită conţinuturilor ridicate de elemente de aliere şi structurii lor, conductivitatea termică a acestor oţeluri este puternic diminuată. Cu 15 Waţi pe metru x Kelvin (W/mK), la temperatura normală şi 20 W/mK la 500°C, conductivitatea lor termică nu

reprezintă decît circa 1/4 din cea a unui oţel carbon şi circa 1/2 din cea a unui oţel mediu aliat.

De aceea, este recomandabil să se ţină seama de acest fapt în vederea unei răciri potrivite a sculei, pentru a evita supraîncălzirea excesivă a anumitor porţiuni ale ei. Aceste oţeluri nu pot fi durificate prin călire.

Marca de oţel 12SiCrNi360 (0,15 % C; 16% Cr; 35 % Ni). Acest oţel conţine 35% nichel, 16% crom şi 1,5% siliciu şi este, de regulă, livrat în stare hipercălită, după o călire în apă la 1100-1150°C pentru o duritate de circa 200 HB.

Datorită structurii austenitice, caracteristicile mecanice la temperaturi normale sînt reduse, adică circa 240 N/mmp limită de curgere şi 540 - 800 N/mmp rezistenţă; oţelul nu este susceptibil de a fi durificat prin tratare termică şi numai un tratament mecanic de ecruisare superficială permite o durificare moderată la suprafaţă.

Superioritatea caracteristicilor mecanice ale acestui oţel, ca şi rezistenţa mult superioară la oxidare, în comparaţie cu oţelurile martensitice anterioare, se face simţită numai la temperaturi ridicate, situate peste 600 - 650°C.

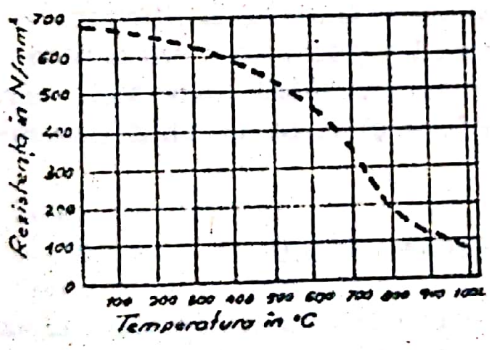


Fig. 4.36. Variaţia rezistenţei la tracţiune a oţelului 12 SiCrNi 360 în funcţie de temperatura de încercare.

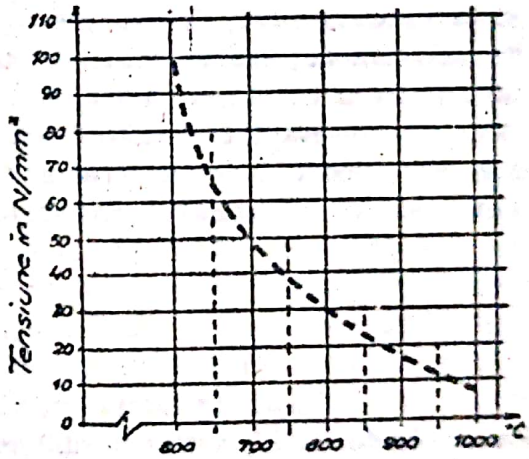


Fig. 4.37. Valorile aproximative ale tensiunilor, care provoacă o alungire de 1% în 1000 ore, la temperaturi cuprinse între 600 şi 1000°C, în cazul oţelului 12SiCrNi360.

Figurile 4.36 şi 4.37 indică rezistenţa la tracţiune a oţelului la cald şi, respectiv, rezistenţa la fluaj pe 1000 ore. Oţelul rezistă la o oxidare în atmosferă oxidată pură la circa 1100°C. Totuşi, rezistenţa lui la tracţiune şi la fluaj atinge valori destul de mici pes-

te 1000°C, care constituie practic limita sa superioară de utilizare.

Oţelul este întrebuinţat pentru execuţia formelor de turnat metale cu punct de topire ridicat şi a matriţelor pentru forjare izotermă sau în matriţe calde, care constituie o nouă tehnică de producţie a pieselor de forme complicate, din aliaje de titan şi superaliaje.

4.3. Oţelurile rapide pentru scule

4.3.1. Structura oţelurilor rapide

Principalele elemente de aliere prezentate în oţelurile rapide, cu excepţia cobaltului, formează cu carbonul diverse carburi complexe. Structura micrografică conţine o foarte mare cantitate de aceste carburi, al căror volum atinge, în stare recoaptă, 1/3 din volumul total.

In lingoul brut, carburile se prezintă sub forma caracteristică a dendritelor dispuse în reţea. Prelucrarea mecanică prin forjare sau laminare sparge reţeaua de dendrite, dispersează carburile şi le repartizează, într-o manieră mai omogenă, în masa metalului. La această acţiune, foarte importantă, a deformării, se adaugă influenţa favorabilă a tratamentelor termice, care va fi examinată ulterior.

Stadiul structurii oţelurilor rapide necesită o examinare mai aprofundată a celor trei constituenţi micrografici principali, care sînt: carburile primare, carburile secundare şi masa de bază (matrice).

4.3.1.1. Carburile primare

Toate oţelurile rapide au o structură hipereutectică (a nu se confunda cu hipereutectoidă) sau chiar ledeburitică. Aceasta înseamnă că ele conţin carburi primare, formate în timpul solidificării oţelului lichid. Aceste carburi nu dispar în stare solidă oricare ar fi temperatura la care este răcit metalul. O asemenea structură se regăseşte şi în oţelurile de scule cu 12% Cr şi 2 % C, descrise în capitolul anterior.

La acţiunea mecanică de deformare la cald a oţelului, în vederea sfărîmării şi repartizării egale a carburilor primare, producătorul de oţel utilizează diverse procedee pentru a reduce segregaţia şi mărimea iniţială a carburilor şi pentru a realiza o mai bună omogenitate a metalului; printre altele, alegerea adecvată a mărimii şi greutăţii lingoului de oţel, într-un mod care să permită o prelucrare mecanică suficientă, fără a creşte exagerat dimensiunile sale, care se

repercutează, într-un mod defavorabil, asupra mărimii şi distribuţiei carburilor.

Se recomandă, de asemenea, evitarea oricărei supraîncălziri la forjare sau la tratamentele termice, care ar provoca o mărire a grăunţilor şi coalescenţa carburilor. Dacă supraîncălzirea atinge temperatura curbei "lichidus", care pentru unele din aceste oţeluri se situează peste 1300°C, carburile se reunesc la rosturile dintre grăunţi şi iau forma caracteristică a "solzilor de peşte".

4.3.1.2. Carburile secundare

Carburile primare grosiere şi neregulat repartizate contribuie puţin la ameliorarea capacităţii de aşchiere a oţelurilor rapide. Cu totul altul este cazul cu carburile secundare pe bază de wolfram, molibden şi vanadiu, fin repartizate. Aceste carburi rezultă din descompunerea austenitei în timpul călirii şi revenirii; ele se găsesc, de asemenea, în masa feritică, după recoacere. In stare călită, aceste carburi joacă un rol esenţial pentru proprietăţile oţelului. Ele vor fi cu atît mai numeroase cu cît austenita va conţine mai multe carburi dizolvate, ceea ce necesită temperaturi de austenitizare foarte ridicate, la limita maximă a creşterii grăunţilor metalului.

Compoziţia carburilor a făcut obiectul a numeroase cercetări. Investigaţiile cu raze X, realizate pe carburi izolate, au permis să se deosebească următoarele 4 tipuri principale:

- MC, în care M defineşte (metalul W, Mo, Cr, Fe) combinat cu carbonul. Acest tip de carbură este foarte bogată în carbon şi vanadiu; ea conţine, de asemenea, wolfram şi molibden şi poate dizolva mici cantităţi de Fe şi Cr; acest tip de carbură este prezent, mai ales, în oţelurile cu conţinut bogat de carbon.
- M_6C, carbură care conţine puţin carbon şi este bogată în wolfram şi molibden; ea conţine, de asemenea, fier (de exemplu Fe_3W_3C sau Fe_3Mo_3C) şi poate dizolva mici cantităţi de Cr, V şi Co;
- M_2C, carbură cu o compoziţie asemănătoare carburii M_6C, dar care conţine cu mult mai puţin fier şi mai mult carbon şi vanadiu. Acest tip de carbură nu se formează decît în oţelurile care conţin mai mult de 1% carbon. Cantitatea de M_2C scade cu creşterea temperaturii de austenitizare, fie prin dizolvarea ei în austenită, fie prin descompunere în carburile M_6C şi MC;
- $M_{23}C_6$, carbură pe bază de crom şi fier, care conţine şi mici cantităţi de alte elemente ce formează carburi. Duritatea sa este mult inferioară carburilor precedente, după cum arată figura 4.38 (13); se găseşte în oţelurile brute de turnare sau recoapte.

Diverse alte carburi, ca V_4C_3 sau M_7C_3, au fost identificate, mai recent, în unele oţeluri rapide cu conţinut mare de carbon şi vanadiu.

Diversele carburi prezente în structura oţelurilor rapide pot suferi variaţii de compoziţie în cursul încălzirilor şi tratamentelor termice. Ele reprezintă, în ansamblu, 25 - 33% din volumul oţelului recopt şi 9 - 12% din cel al oţelului în stare călită şi revenită.

În tabelul 4.19 sînt prezentate datele referitoare la volumul global şi natura carburilor în cazul a două dintre cele mai răspîndite oţeluri rapide.

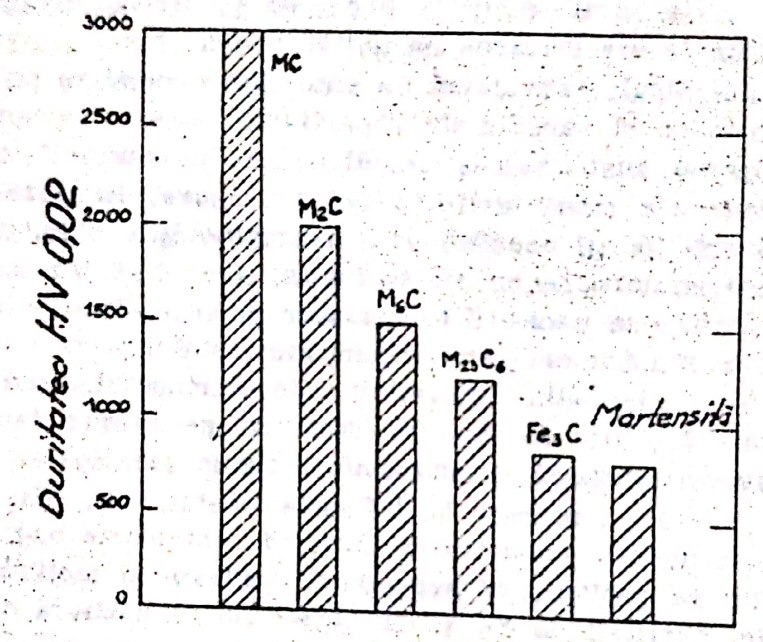


Fig. 4.38. Compararea durităţii diferitelor carburi şi a martensitei în cazul oţelurilor rapide.

TABELUL 4.19.

Volumul global şi natura carburilor în oţelurile Rp 3 şi Rp5

Marca oţelului	Starea de tratament	Volumul carburilor, în%			TOTAL %
		$M_{23}C_6$	M6C	MC	
Rp 3	recopt	9	18,5	1,5	29,0
(18-0-1)	călit (1290°C)	0	10,0	0,5	10,5
Rp 5	recopt	9	16,0	3,0	28,0
(6-5-2)	călit (1220°C)	0	7,5	1,5	9,0

Compoziţiile chimice ale carburilor cele mai dure, MC, M_2C şi M_6C, în oţelul rapid de tip 6-5-2 (Rp5), sînt cele din tabelul 4.20.

După R. Leveque (32), influenţa elementelor de aliere ce formează carburi asupra rezistenţei la uzură poate fi cuantificată prin următorii indici: 2 pentru crom; 5 pentru molibden; 10 pentru wolfram şi 40 pentru vanadiu.

TABELUL 4.20

Compoziţiile chimice ale carburilor din oţelul Rp5

Elementul chimic	Carbura		
	MC	M_2C	M_6C
C	15	16	2
Fe	4	8	35
W	20	40	35
Mo	12	26	20
V	45	12	3
Cr	4	8	5

4.3.1.3. Masa structurală de bază (matricea)

In stare recoaptă, oţelurile rapide sînt constituite din carburi, care ating de la 1/4 la 1/3 din volumul global, şi dintr-o masă de bază (matrice) feritică care, practic, nu conţine carbon şi alte elemente ce formează carburi, cu excepţia cromului. Ele conţin, în soluţie, aproape întreaga cantitate de cobalt prezentă în compoziţia oţelului.

După călire, matricea este martensitică şi se îmbogăţeşte în carbon şi elemente ce formează carburi, în acelaşi timp diminuîndu-se volumul global al carburilor.

Tabelul 4.21. prezintă datele referitoare la compoziţia matricei, în cazul aceloraşi două oţeluri rapide, mai curent întrebuinţate.

In cazul acestor două mărci de oţel, călirea determină intrarea în matrice a mai mult de jumătate din carbonul conţinut în oţel, întreaga cantitate de crom şi cantităţi însemnate de W, Mo şi V.

Cobaltul, cînd este prezent, rămîne în matrice, dar influenţează puternic fenomenele de precipitare a carburilor. Acest aspect va fi abordat mai în detaliu cu ocazia prezentării oţelurilor rapide cu cobalt.

Scanned with OKEN Scanner

TABELUL 4.21.

Compoziţia matricei la oţelurile Rp3 şi Rp5

Marca oţelului	Starea de tratament	Compoziţia matricei în %					
		C	Fe	W	Mo	Cr	V
Rp3	recopt	0,0	95,3	1,5	0,1	3,0	0,2
(18-0-1)	călit (1290°C)	0,5	85,3	8,6	0,2	4,4	1,0
Rp5	recopt	0,0	95,5	0,3	0,7	3,3	0,2
(6-5-2)	călit (1220°C)	0,5	89,0	2,0	3,0	4,6	1,0

4.3.2. Tratamentele termice

Mai puţin dure decît unele carburi sau oxizi sinterizaţi, oţelurile rapide prezintă, faţă de aceste materiale, avantajul unei tenacităţi mai bune şi a unei rezistenţe mai mari la şocurile mecanice şi termice. Combinarea deosebită a unei rezistenţe ridicate la uzură, într-un domeniu larg de temperatură, şi al unei bune tenacităţi, care caracterizează oţelurile rapide, le este conferită de către structura lor. Aceasta comportă, în starea de întrebuinţare, o masă de bază martensitică, dură şi relativ tenace, care conţine o dispersie fină de diverse carburi, considerabil mai dure şi relativ fragile. Această structură particulară este strîns legată de:

- compoziţia chimică a oţelului;
- condiţiile de elaborare şi deformare la cald pentru forjare sau laminare;
- tratamentele termice.

Recomandările de ordin general, care se referă la regulile ce trebuie respectate în cursul tratamentelor termice, date în capitolul III, capătă o importanţă deosebită în cazul oţelurilor rapide. Aceasta, deoarece, pentru a realiza cele mai bune proprietăţi de întrebuinţare, temperaturile de călire ale acestor oţeluri vor fi foarte ridicate de ordinul a 1250°C, şi deci apropiate de temperaturile de supraîncălzire şi de topire a metalului. La aceste temperaturi, alterarea suprafeţei se produce foarte rapid. O decarburare superficială reduce performanţele sculei. O carburare accidentală conduce la o fragilitate excesivă sau la prezenţa austenitei reziduale şi, uneori, la topirea locală, ca urmare a scăderii temperaturii de topire a părţilor carburate.

4.3.2.1. Recoacerea

Oţelul rapid fiind, de regulă, livrat în stare recoaptă, această operaţie este rar practicată de utilizator. Recoacerea poate fi de două feluri: recoacere de înmuiere şi recoacere de detensionare.

Recoacerea de înmuiere, numită şi recoacere completă, are drept scop să confere oţelului o bună aptitudine la prelucrare şi o structură optimă în vederea călirii ulterioare. Ca regulă generală, oţelurile rapide sînt livrate în această stare de tratament termic, cu durităţi care nu depăşesc, în funcţie de marcă, 260 - 296 HB.

Nu este recomandabil să se urmărească ca, prin recoacere, să se obţină durităţi prea joase, mai mici de 240 HB, întrucît prelucrarea ulterioară devine mai dificilă. Pentru anumite operaţii de strunjire sau rabotare, se va viza chiar 300 HB. Prelucrarea filetelor cu tarozi şi filiere se face în condiţii mai bune pe oţelurile mai dure, cu durităţi de circa 360 HB. O astfel de duritate se realizează prin călire în ulei la 1000°C, urmată de o revenire de 2 ore la 700 - 720 (28).

Temperaturile de recoacere ale diverselor oţeluri rapide se situează între 860 şi 900°C. După o încălzire lentă, progresivă, metalul se va menţine la temperatură circa 2 ore şi apoi se va răci lent, de preferinţă în cuptor, pînă la 600°C. Duratele excesive de menţinere a metalului la temperatura de recoacere trebuie evitate.

Recoacerea de detensionare are ca scop eliminarea tensiunilor interne, care pot exista în oţel, pentru a reduce la minimum deformaţiile, ba chiar şi fisurile de călire.

Metalul este încălzit la 600°C cu viteză mică şi menţinut 1-2 ore la această temperatură. Răcirea ulterioară va fi suficient de lentă, pentru a nu introduce noi tensiuni în metal.

4.3.2.2. Austenitizarea şi călirea

La încălzire, începutul transformării $\alpha \rightarrow \gamma$ a masei structurale (pct Ac1) se situează în jur de 875 - 900°C. Dizolvarea carburilor în masa austenitică continuă, într-un mod inegal, cu creşterea temperaturii, în funcţie de compoziţia carburilor. Dizolvarea carburii de wolfram şi molibden, M_6C şi M_2C este mai lentă. Carbura MC, care conţine o bună parte din vanadiu, se dizolvă puţin. Compoziţia carburilor nedizolvate la temperatura de călire va depinde, în mare parte de aceea a oţelului şi, în mod deosebit, de conţinutul de carbon şi vanadiu.

Cu titlu de exemplu, după Tool Steels (12), cantităţile şi natura carburilor, extrase din diferitele oţeluri rapide călite, sînt cele din tabelul 4.22.

TABELUL 4.22

Cantităţile şi natura carburilor extrase din oţelurile Rp 3 şi Rp5 în stare călită

Marca de oţel	Tipul oţelului (C şi V %)	Temperatura de călire °C	Volumul carburilor în %	Natura carburilor M_6C şi M_2C	MC
Rp3	18-0-1 (0,8%C;1%V)	1280	10,5	97	3
Rp5	6-5-2 (0,85%C; 2%V)	1220	9,5	85	15

Din datele prezentate, se observă că ponderea carburii MC, bogată în vanadiu, nedizolvată, creşte cu conţinuturile de carbon şi vanadiu, pe seama carburii M_6C şi, evantual, a lui M_2C, în cazul oţelurilor supracarburate. Cantitatea globală de carburi nedizolvată creşte, de asemenea, dar într-un grad mai redus, cu conţinuturile de C şi V. Valorile numerice diferă după autori şi modurile de extracţie utilizate. Ele permit, totuşi, să se înţeleagă mai bine proprietăţile specifice oţelurilor rapide.

Călirea oţelurilor rapide se poate face în ulei, în aer sau în băi de săruri topite la 500 - 550°C, urmată de o răcire în aer. Temperaturile de călire, şi anume temperaturile uzuale recomandate de producători pentru sculele de aşchiere, vor fi indicate mai tîrziu. Ele sînt uneori depăşite în practică cu 10 - 20°C pentru a obţine capacitatea maximă de aşchiere, cu luarea unor precauţii foarte stricte asupra duratelor de menţinere, spre a evita supraîncălzirea. Oţelurile cu cobalt prezintă avantajul de a putea suporta temperaturi de călire mai ridicate. Din contră, oţelurile cu molibden şi oţelurile supracarburate nu tolerează supraîncălzirea, datorită temperaturilor lor de topire mai joase.

Pentru sculele de forjare sau presare, temperaturile de călire sînt mai joase. Alegerea temperaturii de călire se va face luînd în considerare că, ridicînd-o, creşte duritatea, dar scade tenacitatea; scăzînd-o, se acţionează în sens opus.

Examinarea diagramei TTT de transformare izotermă, din

figura 4.39, arată marea stabilitate a aus
turile relativ scăzute ale transformării mar
ia, Ms, este la 220°C, iar M_{50} x) la 140°C. La te
cantitatea de martensită nu atinge decît circa 80%, subzistînd, încă, 20% austenită reziduală. Aceasta nu se va descompune decît după una sau două reveniri.

Cantitatea de austenită reziduală creşte cu cantitatea de carbon dizolvat în austenită. Ea depinde de acest factor, de temperatura de călire şi de compoziţia oţelului şi variază, de asemenea, cu viteza de călire, vitezele reduse de răcire favorizînd prezenţa austenitei reziduale. Aceasta atinge valorile cele mai ridicate cînd se apropie viteza critică de călire. Vitezele reduse de răcire trebuie evitate

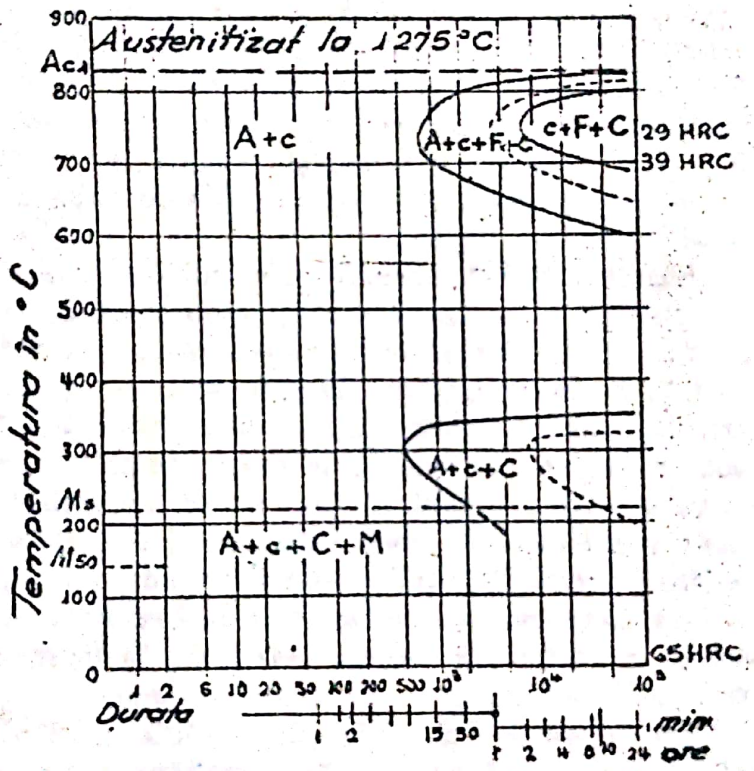


Fig. 4.39. Diagrama TTT a oţelului rapid Rp3 (18-0-1): A=austenită; c=carburi primare; C=carburi secundare; F=ferită; M=martensită; Ms=începutul formării martensitei; M_{50}=formarea 50% martensită. Liniile punctate= transformarea a 50% austenită.

şi este important să se urmărească răcirea sculei pînă la temperatura ambiantă, înainte de a proceda la tratamentul de revenire.

x) M_{50} = temperatura de răcire la care se formează 50% martensită.

4.3.2.3. Revenirea

Un oţel rapid va prezenta după călire o structură compusă din carburi nedizolvate, austenită reziduală şi martensită. Luînd ca exemplu oţelul Rp5 (6-5-2), unul dintre cele mai răspîndite, ponderea fiecăruia din aceşti componenţi va fi: carburi 10%, austenită reziudală 25% şi, prin diferenţă, martensită 65% (35).

In timpul primei reveniri, martensita de călire suferă efectul revenirii: simultan, austenita reziduală suferă o sărăcire în carbon prin precipitarea de carburi. Datorită creşterii deplasării punctului Ms al austenitei, sărăcită în carbon, către temperaturi mai înalte, aceasta devine instabilă şi se transformă în martensită în cursul răcirii după revenire.

Structura după prima revenire va fi compusă din martensită revenită (65%), martensită nouă, nerevenită (25%) şi carburi (10%). Datorită fragilităţii martensitei noi, nerevenite, o a doua revenire va fi necesară şi se va efectua în aceleaşi condiţii ca şi prima.

De regulă, două reveniri la 550°C, de cîte 1 oră fiecare, sînt suficiente.

Această schemă generală este valabilă pentru oţelurile de bază, călite, plecînd de la temperaturile recomandate. In cazul oţelurilor cu cobalt, călite, plecînd de la temperaturi mai ridicate, austenita, prezentă în cantităţi masive, nu este descompusă în întregime, în timpul primei reveniri, continuîndu-şi descompunerea în martensită şi după a doua revenire. De aceea, în cazul oţelurilor cu cobalt este recomandată şi o a treia revenire. Unii autori estimează că această operaţie nu este necesară (35), dacă tratamentul de călire se efectuează corect şi dacă durata fiecărei reveniri este de cel puţin o oră.

Este interesant de cunoscut transformările ce se produc în martensită şi în carburi în timpul revenirii, în legătură cu anumite schimbări dimensionale.

După Cohen şi Koh (36), între 160°C şi 315°C, martensita tetragonală devine cubică cu apariţia simultană a unei carburi ε, FeC. In jur de 400°C, aceasta se descompune în cementită, Fe_3C. Aceste transformări sînt însoţite de o scădere a durităţii, de o relaxare a tensiunilor şi de contracţie.

Intre 400 şi 565°C, cementita creşte prin coalescenţă şi se descompune progresiv, în acelaşi timp apărînd diverse carburi speciale M_2C, M_6C şi $M_{23}C_6$. Acest fenomen este însoţit de o înmulţire, urmată de o durificare secundară, net vizibilă pe curbele de duritate la revenire. Continuînd încălzirea, se produce coalescenţa carburilor, care apoi se dizolvă progresiv, şi duritatea oţelului scade.

Precipitarea oţelurilor speciale, începînd de la 500°C, face instabilă austenita reziduală, care continuă să existe după călire. La răcirea din cadrul revenirii, această austenită se descompune în martensită.

Dispariţia austenitei după revenire este însoţită de o dilatare şi de o creştere sensibilă a durităţii. Această durificare se suprapune peste cea provocată prin precipitarea carburilor aliate. In cazul oţelurilor cu cobalt se produce şi o precipitare de compuşi intermetalici.

Ansamblul acestor fenomene de durificare la revenire este denumit "durificare secundară" sau "călire secundară".

După D. Rousseau (37), cele patru stadii ale revenirii pot fi schematizate conform figurii 4.40, care se aplică atît pentru oţelurile cu conţinuturi reduse de elemente carburigene (V, W, Mo), cît şi oţelurilor cu conţinuturi ridicate, din care fac parte şi oţelurile rapide.

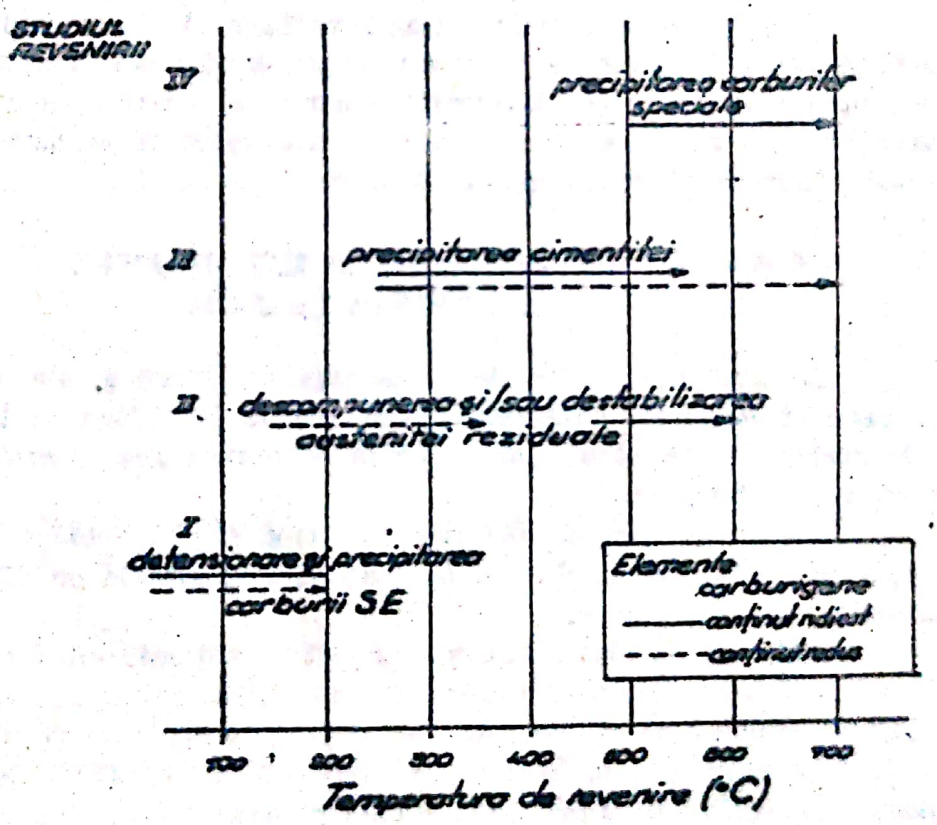


Fig. 4.40. Reprezentarea schematică a celor 4 stadii clasice ale revenirii martensitice, în funcţie de conţinuturile în elemente ce formează carburi.

Efectele revenirii depind atît de temperatura, cît şi de durata revenirii. O aceeaşi duritate poate fi atinsă prin diverse combina-

ţii de temperatură şi de timp şi au fost trasate curbe de echivalenţă. În practica industrială, se utilizează, de regulă, durata de menţinere de 1 oră. Curbele de duritate, care vor fi prezentate în continuare, corespund unei astfel de durate. O durată de menţinere prea mare, precum şi o temperatură de revenire prea înaltă, conduc la o scădere a durităţii provocată de coalescenţa carburilor şi înmulţirea martensitei.

Important de reţinut. Cantitatea de austenită reziduală după călire poate, de asemenea, să fie redusă printr-un tratament prin frig la - 80°C. Acest tratament va trebui aplicat imediat după călire, deoarece orice menţinere la temperatura ambiantă stabilizează austenita şi reduce aptitudinea ei de a se transforma în martensită la temperatură joasă (a se vedea par. 4.2.1.2g).

Tratamentul prin frig nu elimină toată austenita reziduală, chiar dacă este efectuat la - 190°C. El nu evită, deci, obligaţia unei duble reveniri şi prezintă, în plus, pericolul fisurării pieselor sensibile. În compensaţie, acest tratament permite, uneori, o mai bună stabilitate dimensională.

Tratamentele termice complementare şi, în primul rînd, tratamentele termochimice de nitrurare gazoasă şi ionică ameliorează comportarea la aşchiere şi rezistenţa la uzură a sculelor. Sculele aşchietoare pot, de asemenea, să sufere un tratament de oxidare cu aburi, care diminuează rezistenţa la frecare.

4.3.2.4. Tratamentul sculelor pentru prelucrări fără degajare de aşchii

Nivelurile ridicate ale rezistenţei la uzură şi ale tenacităţii, pe care le ating oţelurile rapide, au condus la utilizarea lor crescîndă în prelucrări la rece, pentru scule de extruziune, ambutisare, poansonare şi ştanţare.

În aceste domenii diferite, ele tind să înlocuiască din ce în ce oţelurile aliate de scule, în mod deosebit oţelurile cu 12% crom, în operaţiile de mare serie.

Mărcile de oţel alese şi durităţile obţinute după tratament trebuie să realizeze cel mai bun compromis între rezistenţa la uzură şi tenacitate. Durităţile vizate sînt, de regulă, mai joase decît acelea pentru scule aşchietoare şi se situează între 54 şi 64 HRC, în funcţie de natura operaţiilor de efectuat şi forma pieselor.

4.3.3. Oţelurile de bază

Oţelurile din această grupă nu conţin cobalt, iar conţinuturile lor medii de carbon sînt mai mici de 1%. Cele 4 oţeluri, care alcătuiesc această grupă, reflectă cele trei etape ale evoluţiei raportului

TABELUL 4.23.

Datele privind tratamentele termice ale oţelurilor rapide de bază

Marca oţelului	Recoacerea de înmuiere		Călirea			Revenirea	
	°C	HB	°C	mediul	HRC min.	°C	HRC
Rp3	800-830	240-300	1250-1300	u;a;bi	60	560-580	63-66
Rp5	800-830	220-270	1190-1230	u;a;bi		540-570	63-66
Rp9	770-840	240-300	1180-1220	u;a;bi	62	520-550	64-66
Rp10	770-840	240-300	1190-1230	u;a;bi	60	530-540	64-66

u = ulei; a = aer; bi = băi de săruri izoterme

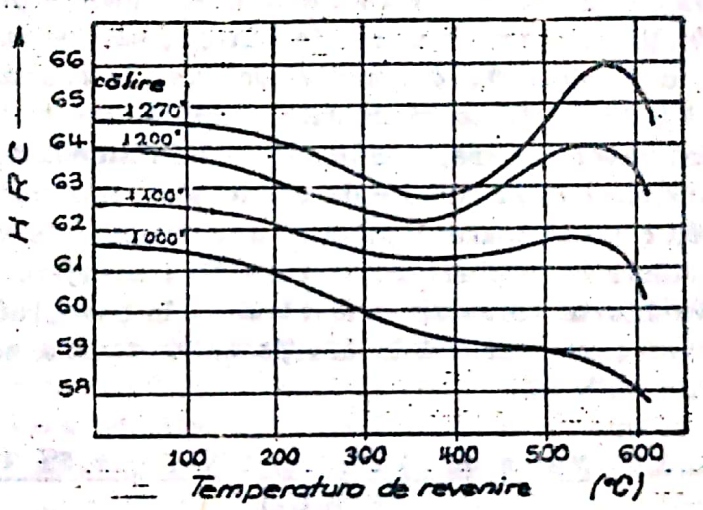


Fig. 4.41. Evoluţia durităţii în funcţie de temperatura de revenire (1 oră) pentru un oţel 18-0-1, călit la diverse temperaturi

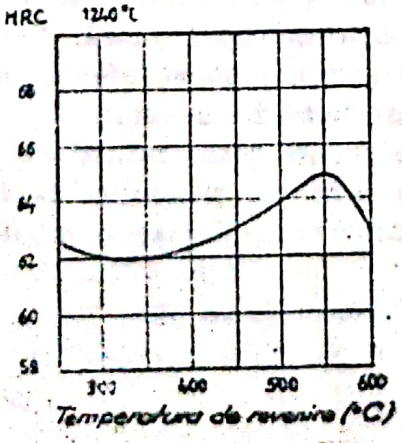


Fig. 4.42. Evoluţia durităţii oţelului Rp3 (18-0-1), după călire la 1240°C, în funcţie de temperatura de revenire.

wolfram/ molibden în oţeluri rapide, de-a lungul acestui secol.

Astfel, prima marcă 18-0-1 reprezintă prototipul oţelurilor rapide, conţinînd 18% wolfram, 4% crom şi 1% vanadiu. Pe plan mondial, producţia şi consumul său se află în prezent, în declin, ponderea sa nedepăşind 5%. La noi în ţară, din păcate, acest oţel neeconomic este folosit încă în cantităţi importante datorită unor facilităţi pe care le prezintă la tratamentele termice. Următoarele două oţeluri rapide de bază; din care primul cu 6,5%W şi, respectiv, 5%Mo şi al doilea cu 2,85%W şi, respectiv, 2,65%M_O, domină la ora actuală producţia şi consumul de oţeluri rapide, reprezentînd în jur de 70% din totalul producţiei acestora, în timp ce în ţara noastră ele sînt folosite încă pe scară redusă.

Ultimul oţel din grupa oţelurilor rapide de bază reprezintă cel mai recent stadiu al evoluţiei oţelurilor rapide, aşa-numitele oţeluri cu molibden, care conţin 8,5%Mo şi 1,3%W. Acest tip de oţel a luat o dezvoltare foarte importantă în S.U.A., unde reprezintă în jur de 40% din producţia de oţeluri rapide. In Europa, ele reprezintă o pondere mai redusă, în jur de 10%, din motive pe care le vom arăta (12).

Tabelul 4.23 cuprinde datele referitoare la tratamentele termice de recoacere şi călire, recomandate prin standard, pentru oţelurile rapide de bază. Temperaturile de călire sînt cele care convin, de regulă, sculelor aşchietoare, după cum s-a arătat, ele vor fi mai joase pentru sculele de prelucrare la rece, fără degajare de aşchii.

Problema revenirii a fost tratată în paragraful 4.3.2.3. Temperatura de revenire variază în funcţie de destinaţia sculei şi duritatea ce trebuie obţinută.

4.3.3.1. Marca de oţel Rp3(0,75% C; 18,5% W; 1,2% V; 4 % Cr)

Cu toată dezvoltarea recentă a unor mărci mai economice şi mai performante de oţeluri rapide, acest oţel continuă să fie utilizat, încă, datorită insensibilităţii lui la abaterile de la temperatura de călire recomandată şi la decarburarea superficială. Dealtfel, intervalul larg de temperaturi de călire permite să se efectueze tratamente particulare, în vederea unor întrebuinţări speciale.

Figura 4.41. ilustrează influenţa temperaturii de călire asupra evoluţiei durităţii după revenire, precum şi asupra durităţii şi, corelat, asupra tenacităţii în funcţie de diverse temperaturi de călire şi revenire (fig. 4.42).

4.3.3.2. Mărcile de oţel Rp5 (0,8% C; 6,5% W; 5,05 % Mo; 1,9% V şi 4,2% Cr) şi Rp9 (1% C; 2,85% W; 2,65% Mo; 2,37% V; 4,15% Cr)

Inlocuirea parţială a wolframului cu molibden constituie una din etapele importante ale evoluţiei oţelurilor rapide. Aşa cum am arătat, molibdenul,a cărui masă atomică (95,9) este cu aproape jumătate mai mică decît cea a wolframului (183,9), poate să-l înlocuiască în compoziţia oţelurilor rapide, în proporţie de circa 1%Mo pentru 2%W. Datorită acestui fapt, prezenţa în oţelul Rp5 a 5% Mo, iar în oţelul Rp9 a 2,65 % Mo face preponderentă influenţa acestui element şi explică simbolizarea acestor oţeluri şi, bineînţeles, şi a oţelurilor cu 8 - 9% Mo, prin litera M (molibden), în clasificarea americană, prin opoziţie cu litera T, în cazul oţelurilor pe bază de wolfram (wolframul mai fiind denumit şi tungsten).

Molibdenul este un element ce formează carburi în acelaşi grad cu wolframul şi intră, legat cu el, în carburile M_6C, M_2C şi MC. Utilizarea molibdenului ca înlocuitor al wolframului în oţelurile rapide s-a făcut pentru prima oară în S.U.A., înaintea ultimului război, îndeosebi pentru fabricaţia de serie a burghielor şi ferăstraielor pentru metale. In anul 1940, oţelurile de acest tip reprezentau circa 25% din totalul producţiei americane de oţeluri rapide. In anul 1977, ponderea lor a atins 93%. In Europa, dezvoltarea oţelurilor cu molibden a debutat mai tîrziu. Totuşi, în anul 1977, oţelurile cu wolfram-molibden şi cu molibden au atins, de exemplu, circa 90% din totalul producţiei franceze de oţeluri rapide.

In ţara noastră, situaţia actuală se aseamănă cu cea de început din ţările cu industrie dezvoltată, încrederea consumatorilor în oţelurile rapide cu molibden-wolfram şi cu molibden avînd de suferit, ele fiind considerate ca oţeluri de înlocuire a oţelurilor rapide cu wolfram. Rezistenţa faţă de utilizarea oţelului Rp5, Rp9 şi a celorlalte oţeluri cu molibden este determinată şi de dificultatea cu care se efectuează tratamentul termic al acestor oţeluri. Punctul lor de fuziune este efectiv mai scăzut decît cel al oţelurilor cu wolfram; ele suportă, din această cauză, mai greu supraîncălzirea şi trebuie să fie călite la o temperatură mai joasă. Oţelurile Rp5 şi Rp9 sînt, de asemenea, mai sensibile la decarburare şi trebuie, de preferinţă, să fie încălzite în băi de săruri adecvate, în atmosferă controlată sau sub vid. Totuşi, instalaţiile moderne de tratamente termice permit rezolvarea acestor probleme fără dificultăţi.

In compensaţie oţelurile cu molibden prezintă, faţă de oţelurile cu wolfram, o serie de avantaje, ca:

Scanned with OKEN Scanner

- cheltuieli de producţie şi de aprovizionare mai mici, determinate atît de cheltuielile specifice mai mici, cît şi de greutatea specifică mai redusă;

- tenacitate mai bună pentru aceeaşi duritate sau duritate mai mare cu circa 2 HRC, pentru aceeaşi tenacitate;

- stabilitate mai redusă a austenitei reziduale la revenire.

Numeroşi utilizatori din ţările cu industrie dezvoltată le atribuie şi o mai bună aptitudine de aşchiere şi o rectificare mai uşoară.

Ansamblul acestor avantaje explică locul preponderent luat de oţelurile cu wolfram-molibden şi cu molibden pe piaţa mondială a oţelurilor rapide.

Oţelul Rp5 este, astăzi, cel mai răspîndit dintre oţelurile rapide ca utilizare şi producţie. Întrebuinţarea sa este foarte uzuală în fabricaţia sculelor de aşchiere de serie mare, ca: burghie cu vîrf de centrare, cuţite de strung, freze, broşe, alezoare, tarozi, poansoane, ferăstraie, segmenţi de ferăstraie circulare, rindele mari. El este, de asemenea foarte utilizat în fabricaţia sculelor de deformare şi extrudere la rece, cînd condiţiile de întrebuinţare cer durităţi care pot atinge 64 HRC şi o rezistenţă ridicată la uzură. El înlocuieşte oţelul 18-0-1 în majoritatea domeniilor de întrebuinţare a acestui oţel prototip.

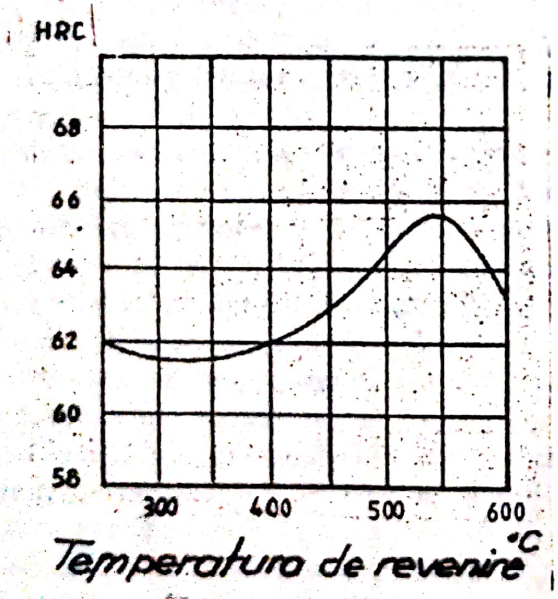


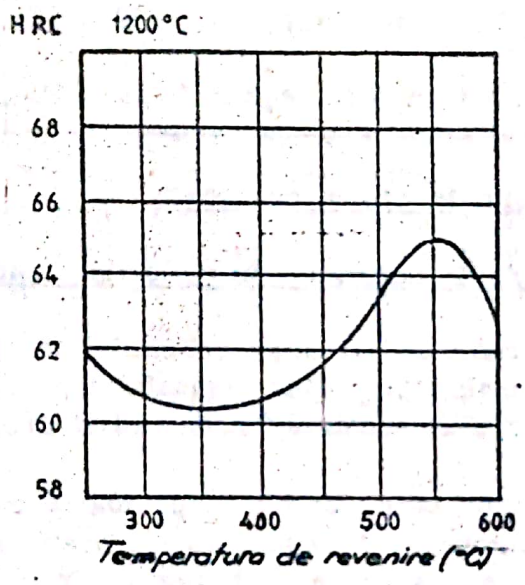
Fig. 4.43. Evoluţia durităţii oţelului Rp5 (6-5-2), după călire la 1220°C, în funcţie de temperatura de revenire.

Oţelul Rp9 este un oţel economic, care îşi găseşte un oţel echivalent în norma germană SEW 320-69, recomandat a fi întrebuinţat cu bune rezultate la fabricaţia de burghie şi freze, exploatate în condiţii moderate de regim termic.

4.3.3.3. Marca de oţel Rp10 (0,8%C; 1,32%W; 8,5%Mo; 1,12%V; 3,87%Cr)

In ciuda faptului că oţelurile rapide cu 8 - 9% molibden au apărut pe plan mondial foarte recent, producţia şi utilizarea lor se află într-un progres continuu, în prezent reprezentînd circa 10% din total.

Avantajele şi inconvenientele oţelurilor rapide pe bază de molibden, menţionate în paragraful precedent cu ocazia prezentării oţelurilor cu wolfram-molibden, sînt şi mai accentuate în cazul oţelurilor cu 8-9%Mo. Din această cauză, va trebui acordată o atenţie deosebită condiţiilor de efectuare a tratamentelor termice, care necesită instalaţii adecvate pentru respectarea strictă a intervalelor temperaturii de călire şi asigurarea protecţiei necesare contra decarburării. Precauţii vor trebui luate şi în cazul forjării sculelor, iar temperaturile indicate prin standard vor trebui riguros respectate.



a. 2-8-1 b. 2-9-2

Fig. 4.44. Evoluţia durităţii oţelului Rp10 în funcţie de temperatura de revenire.

evidenţă relaţia din-
rapide.
iugarea de cobalt creş-
olibdenul, cobaltul fa-
ebuie luate precau-
ce mai ad[illegible] cu-

Cu toate precauţiile cerute, extinderea utilizării oţelurilor rapide cu molibden este legată de avantaje ce nu sînt de neglijat. In mod deosebit, o mai mare fineţe a carburilor şi o structură mai omogenă, care asigură o mai mare tenacitate la o duritate egală; greutatea lor specifică este mai redusă, iar temperatura de călire mai joasă. Ele sînt, de asemenea, mai uşor de rectificat decît oţelurile cu wolfram, după cum indică datele din tabelul 4.24.

Oţelul Rp10 prezintă proprietăţi apropiate oţelului Rp5; tenacitatea lui este mai ridicată la duritate egală, iar sensibilitatea lui la supraîncălzire şi la decarburare este mai accentuată. El este recomandat, mai ales, pentru fabricarea sculelor de mici dimensiuni: burghie, alezoare, tarozi, filiere etc.

TABELUL 4.24.

Indicii de aptitudine la rectificare (23)

Marca de oţel AISI	Marca de oţel STAS	Indicele de aptitudine la rectificare	Duritatea HRC
T15 (12-1-5-5)	-	0,6	65,7
M41 (7-4-2-5)	-	1,5	67,5
[illegible] (2-9-1-8)	-	5,6	69,0
	Rp5	7,2	64,9
	[illegible]10	8,0	64,9

Oţelurile rapide cu cobalt

Influenţa cobaltului în oţelurile rapide

Efectul favorabil al prezenţei cobaltului în oţelurile rapide este cunoscut de foarte mult timp, fiind semnalat încă din anul 1912(37). Acţiunea sa a fost, de regulă, asociată îmbunătăţirii proprietăţilor la cald.

Această acţiune este, în realitate, foarte complexă, motiv pentru care vom menţiona doar principalele mecanisme. Cobaltul nu formează carburi şi trece aproape în întregime în masa de bază accentuînd viteza de germinare a carburilor în cursul revenirii, dar diminuînd viteza lor de creştere şi coalescenţele ulterioare. Carburile în oţelurile rapide cu cobalt sînt, din această cauză, mai numeroase, mai fine şi mai dense. Duritatea oţelului se păstrează mai mult timp şi rezistă mai bine la încălzire (12,37).

Cobaltul creşte, de asemenea, punctul de fuziune al oţelurilor rapide şi permite, prin aceasta o creştere a temperaturii de austenitizare înaintea călirii, fără risc de topire la limita grăunţilor. Austenita poate, astfel, să dizolve o proporţie mai mare de carbon, ceea ce face să crească cantitatea de carburi secundare, precipitate. Rezultă, în plus, o mai mare proporţie de austenită reziduală, existentă după călire. Destabilizarea şi descompunerea austenitei reziduale necesită mai multe reveniri, din care cauză numărul revenirilor recomandate pentru oţelurile rapide aliate cu cobalt este de trei.

O altă acţiune a cobaltului, semnalată de mai mulţi autori citaţi de D. Rousseau (37), constă în favorizarea, în timpul revenirii, a formării de compuşi intermetalici, de tipul Fe-Cr-Co-Mo. Acest nou

mecanism de durificare este considerat de către D. Rousseau ca un veritabil "al cincilea stadiu" de revenire a martensitei. Acest mecanism completează efectele precipitării carburilor speciale (al IV-lea stadiu) şi al descompunerii austenitei reziduale (al II-lea stadiu) din figura 4.40.

Datorită tuturor celor relatate, cobaltul este considerat ca element de aliere cu influenţe majore în oţelurile rapide, alături de carbon, crom, molibden, wolfram şi vanadiu. Acest rol l-a condus pe J. Pomey (38) să propună un indice de "wolfram echivalent" notat Wech, care include şi cobaltul:

$$W_{ech} = 0,5Cr + W + 2Mo + 4V + 1,6Co$$

Lucrările lui P. Mathon (39) au scos în evidenţă relaţia dintre Wech şi capacitatea de aşchiere a oţelurilor rapide.

Se menţionează, de asemenea, că adăugarea de cobalt creşte fragilitatea oţelului. Pe de altă parte, ca şi molibdenul, cobaltul face oţelul mai sensibil la decarburare. De aceea, trebuie luate precauţiile obişnuite şi, adesea, este necesar să se rectifice mai adînc sculele executate din oţeluri cu cobalt (12).

4.3.4.2. Mărcile de oţel rapid aliat cu cobalt

Această grupă de oţeluri rapide este alcătuită din două mărci de oţel tipizate, avînd conţinuturi de carbon mai mici de 1%. In tabelul 4.25 sînt prezentate datele referitoare la tratamentele de recoacere şi călire, recomandate prin standard, pentru oţelurile rapide cu cobalt.

TABELUL 4.25.

Date privind tratamentele termice ale oţelurilor rapide cu cobalt

Marca de oţel	Recoacerea de înmuiere		Călirea			Revenire	
	°C	HB	°C	Mediul	HRC min.	°C	HRC
Rp1	790-820	240-300	1250-1300	u;a;bi	60	560-580	63-66
Rp2	800-830	260-300	1270-1310	u	60	560-580	63-66

Mărcile de oţel Rp1 (0,95%C; 9,75%W; 2,3%V; 4,2%Cr; 5,5% Co) şi Rp 2(0.75%C; 17.75%W; 1,2%V; 4,2%Cr; 5%Co). Aceste două oţeluri diferă prin conţinutul de wolfram şi vanadiu, cea de-a doua marcă de o-

ţel avînd oţeluri echivalente, practic, în toate standardele străine de circulaţie internaţională; în schimb, primul oţel, un oţel mai economic, nu are echivalent decît în standardul de oţel sovietic (GOST).

Ambele mărci reunesc o duritate ridicată la roşu şi o bună tenacitate; ele nu oferă, totuşi, o rezistenţă deosebită la uzură prin abraziune. Utilizarea lor este, din această cauză, indicată pentru prelucrările de eboşare, fără răcire umedă, cu treceri puternice, ca de exemplu degroşarea oţelului, fontei şi metalelor dure pînă la circa 1300N/mmp rezistenţă. Cele două mărci de oţel sînt utilizate pentru cuţite de strung şi de rabotat de mare viteză, scule de mortezare etc.

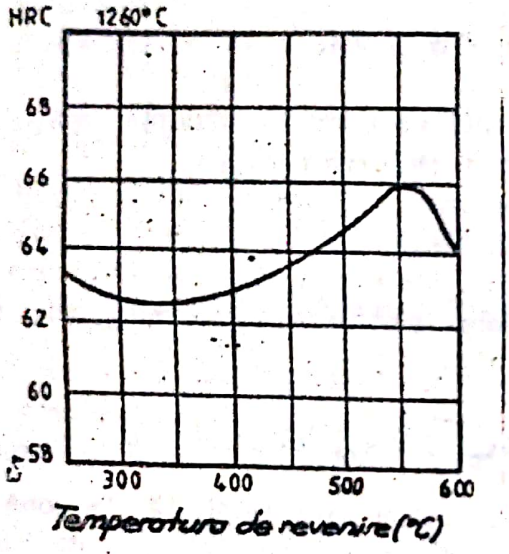


Fig. 4.45. Evoluţia durităţii oţelului Rp1 în funcţie de temperatura de revenire

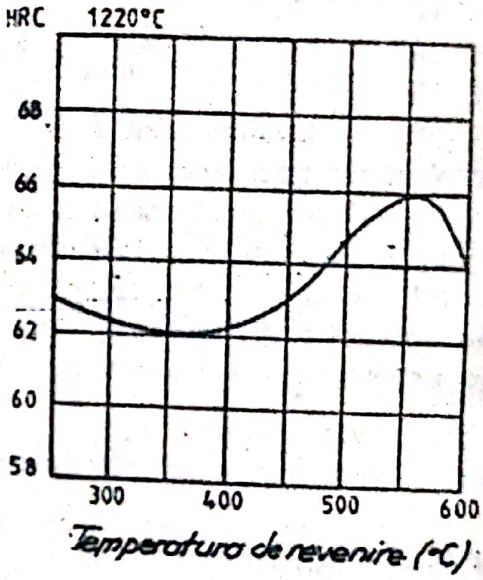


Fig. 4.46. Evoluţia durităţii oţelului Rp2 în funcţie de temperatura de revenire.

4.3.5. Clasificarea oţelurilor rapide după utilizare

Utilizatorul, confruntat cu problema alegerii unui oţel rapid pentru o întrebuinţare determinată, nu va găsi în datele tehnice, prezentate în paginile anterioare, un răspuns univoc.

Această dificultate este determinată de multiplicitatea şi complexitatea criteriilor ce trebuie luate în considerare, care sînt în parte contradictorii, acestea fiind: duritate, rezistenţă la uzură, tenacitate, prelucrabilitate şi/sau rectificabilitate etc. El va trebui, de asemenea, să ia, eventual, în considerare instalaţiile de care dispune pentru efectuarea tratamentelor termice ce trebuie aplicate sculelor pe care le execută în scopul de a decide dacă este cazul să recurgă la întrebuinţarea de blocuri pretratate.

Tabelul 4.26 (de origine americană), citat de Elghozi şi Cano, stabileşte indici de calitate pentru 4 proprietăţi esenţiale de întrebuinţare, în cazul a 8 mărci de oţel rapid, utilizate curent, din care 6 sînt echivalente cu mărcile de oţel rapid, tipizate în ţara noastră.

Aceşti indici corespund condiţiilor în care au fost efectuate încercările. Ele sînt compatibile cu indicaţiile date în paginile precedente, referitor la aptitudinea de rectificare, şi cu indicii din tabelul 4.24 (paragraful 4.3.3.3)

TABELUL 4.26.

Indicii de calitate pentru mărcile de oţel tipizate în R.S.România (prin echivalare aproximativă cu 6 mărci de oţel rapid, americane, de utilizare curentă)

Marca de oţel	Compoziţia chimică medie %					Indice de calitate (creşte odată cu indicele)			
	C	W	Mo	V	Co	Rezist. la uz.	Tenacitate	Duritate	Prelucrabilit.
Rp3	0,75	18,5	0,4	1,2	-	4	8	5	5
Rp5	0,80	6,5	5,1	1,9	-	5	10	5	5
Rp9	1,00	2,9	2,7	2,4	-	7	5	6	4
Rp10	0,80	1,3	8,5	1,1	-	6	8	5	5
Rp1	0,95	9,8	-	2,3	5,5	5	5	8	3
Rp2	0,75	17,8	-	1,2	5,0	10	3	9	1

4.3.5.1. Clasificarea oţelurilor rapide utilizate în prelucrările prin aşchiere

Aceste oţeluri se împart în două categorii:

A. Oţeluri de performanţă normală, care sînt utilizate în condiţii de prelucrare ce nu provoacă încălzirea excesivă a sculei de aşchiere;

B. Oţelurile de performanţă înaltă, care lucrează în condiţii de prelucrare (viteză, adîncimea trecerii, avans ...), ce provoacă o încălzire importantă a sculei; aceste oţeluri sînt aliate cu cobalt.

Această clasificare este prezentată sinoptic în tabelul 4.27. în care la fiecare marcă s-au dat între paranteze unele indicaţii cu

caracter particular, ale căror semnificaţii sînt următoarele: dur(duritate ridicată la temperatură normală), dur la roşu (rezistenţă mai mare la cald), uşurinţă la călire (tratament de călire efectuat fără dificultăţi), uzură slabă (rezistent la uzură prin abraziune).

De menţionat că, în ţările cu industrie dezvoltată, se produc şi se utilizează în categoria oţelurilor de performanţă normală şi oţeluri supracarburate, cu duritate peste 375 HB, destinate prelucrării materialelor abrazive, iar în grupa oţelurilor de performanţă înaltă, atît oţeluri cu conţinut bogat de carbon destinat prelucrării materialelor neabrazive, cît şi oţeluri supracarburate, destinate prelucrării materialelor abrazive, ambele categorii avînd duritatea mai mare de 375 HB.

4.3.5.2. Oţelurile rapide pentru prelucrări la rece fără degajare de aşchii

Deformarea metalelor la rece prin procedee de prelucrare fără degajare de aşchii a luat, în ultimele decenii, o dezvoltare considerabilă.

Printre diversele procedee tehnologice utilizate, unele, ca de exemplu, hidroformarea sau magnetostricţiunea, sînt în întregime noi, iar altele, ca: extrudarea, matriţarea la rece, forjarea la rece sau ambutisarea-ştanţarea, sînt utilizate în fabricaţia unor cantităţi din ce în ce mai importante de piese diferite. Masa unitară a acestor piese poate varia de la cîteva sute de grame la mai multe kilograme.

Oţelurile de scule, utilizate în aceste operaţii pentru fabricarea de poansoane, matriţe sau filiere, sînt cel mai adesea oţeluri aliate de scule pentru prelucrări la rece, descrise în paragraful 4.2.1 în mod deosebit oţeluri cu 12% crom.

Principalele proprietăţi ce se cer acestor scule sînt: duritate, rezistenţă la uzură şi tenacitate ridicată. Alte proprietăţi specifice, în funcţie de natura lucrului efectuat, sînt: comportarea la oboseală, stabilitatea dimensională la tratamente termice şi în serviciu, prelucrabilitatea şi comportarea tăişului, în cazul sculelor de ambutisare-ştanţare.

Evoluţia constantă a tehnicilor de producţie tinde să accelereze cadenţele de lucru şi să crească masa unitară a pieselor, prin dezvoltarea unor prese şi maşini-unelte mai puternice şi mai rapide. Din această cauză, sculele utilizate suferă solicitări mecanice şi la uzură, mai mari, cărora oţelurile clasice pentru prelucrări la rece nu le mai fac faţă.

Sculele din carburi sinterizate permit, în unele cazuri, să

se substituie acestor oţeluri şi să se asigure un excelent randament, datorită nivelului ridicat al durităţii (HRC 70) şi rezistenţei lor la uzură prin abraziune. In numeroase cazuri, carburile sinterizate se dovedesc, însă, prea fragile şi prea sensibile la efectul de crestătură, şi la tensiunile de încovoiere. In plus, ele nu pot fi utilizate pentru fabricarea de scule masive.

Prin comparaţie cu aceste materiale, oţelurile rapide permit, în unele cazuri, să se fabrice scule mai performante şi, din această cauză, ele sînt din ce în ce mai des utilizate în acest domeniu.

Două comunicări, prezentate în anul 1975 la Colocviul internaţional asupra oţelurilor rapide, ce a avut loc în Franţa la Saint Etienne, aduc informaţii foarte utile asupra întrebuinţării oţelurilor rapide în execuţia sculelor pentru prelucrări la rece şi în operaţiile de ştanţare-ambutisare.

4.3.5.3 Oţelurile rapide pentru extrudare, forjare şi matriţare la rece

După A. Badard şi colaboratorii (16), mărcile de oţel ce trebuie întrebuinţate în fabricaţia de scule pentru prelucrări la rece sînt cele din tabelul 4.28 (mărcile de oţel româneşti au fost stabilite prin echivalenţă cu cele franţuzeşti).

TABELUL 4.28.

Oţelurile semirapide şi rapide cel mai des utilizate în operaţiile de deformare la rece şi ştanţare

Marca de oţel	Compoziţia chimică medie C	Cr	Mo	W	V	Co	Domeiul de utilizare
Rp1	0,95	4,2	-	9,8	2,3	5,5	ştanţare clasică, extrudare, matriţare la rece.
Rp2	0,75	4,2	-	17,8	1,2	5,0	deformare, extrudare, laminare.
Rp3	0,75	4,0	0,4	18,5	1,2	-	ştanţare clasică, extrudare;
Rp5	0,80	4,2	5,1	6,5	1,9	-	ştanţare clasică, extrudare, matriţare la rece, ambutisare, laminare.

După autorii citaţi, oţelul Rp 5 şi un alt oţel supracarburat, fără echivalent între mărcile tipizate în ţara noastră, sînt oţelu-

rile rapide cel mai des utilizate în fabricaţia de scule pentru prelucrări la rece.

Oţelul Rp 5 a fost comparat cu două mărci uzuale de oţeluri aliate cu 12% Cr (C 120 şi VMoC 120), din punct de vedere al durităţii şi al tenacităţii.

Figura 4.47 arată că duritatea realizabilă pe oţelul rapid Rp 5 este net superioară celei a oţelurilor cu 12% Cr. În plus, această duritate este obţinută prin călire, urmată de o dublă sau triplă revenire între 500 şi 600°C, care permite descompunerea completă a

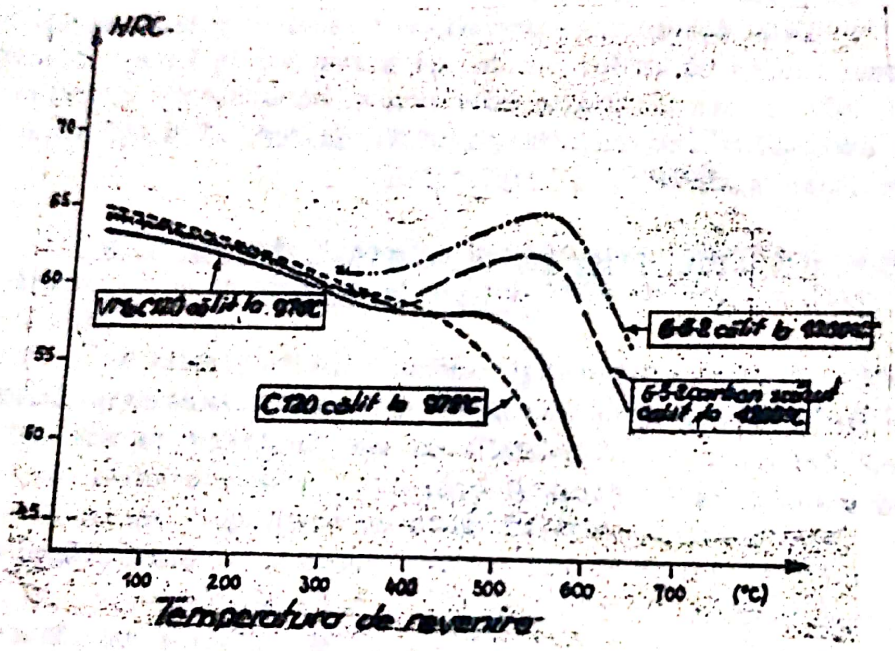


Fig. 4.47. Evoluţia durităţii în funcţie de temperatura de revenire în cazul oţelului rapid Rp 5 şi a oţelurilor aliate de scule C 120 şi VMoC 120

austenitei reziduale şi, corelat, obţinerea stabilităţii dimensionale şi structurale, necesară sculelor.

Oţelurile cu crom, din contră, nu pot suferi reveniri la temperaturi de peste 200°C, dacă trebuie obţinute durităţi de ordinul a 62 HRC. Ele sînt susceptibile, în aceste condiţii, să păstreze o cantitate de austenită reziduală care să prejudicieze stabilitatea proprietăţilor în serviciu.

Tenacitatea comparată a acestor oţeluri a fost măsurată prin încercări de încovoiere statică, prin aplicarea unei sarcini progresiv crescătoare pe o bară fără crestătură.

Figura 4.48 ilustrează, în partea stîngă a figurii, sarcini-

le de rupere comparate între oţelurile cu crom şi oţelul rapid Rp 5, iar în partea dreaptă, energiile de rupere în J/cmp, pentru diferite durităţi.

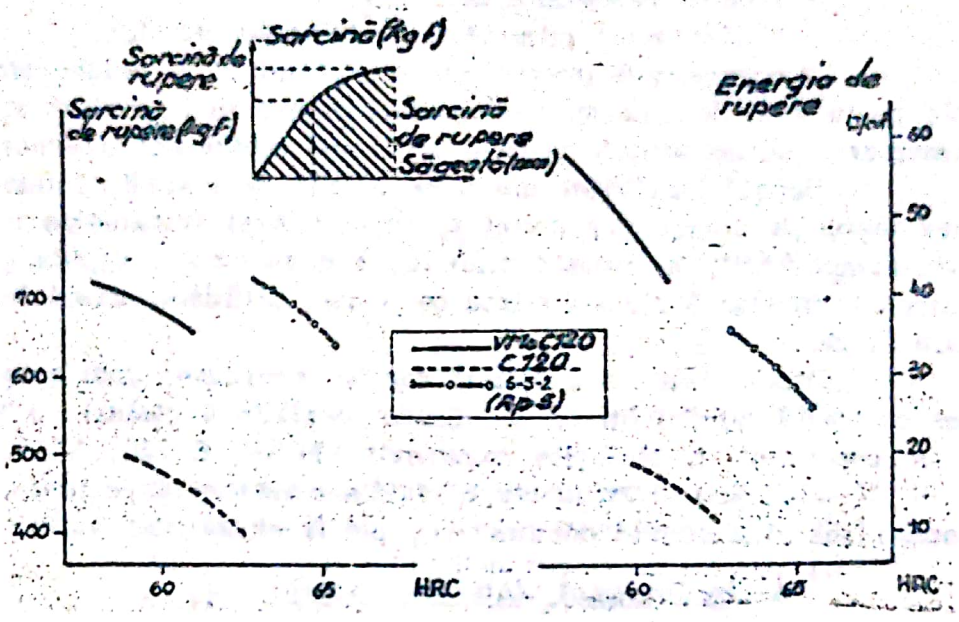


Fig. 4.48. Evoluţia criteriilor de tenacitate în funcţie de duritate

Curbele indică superioritatea oţelului rapid asupra oţelurilor cu 12%Cr, pentru durităţi care depăşesc 60 HRC.

Optimul de tenacitate la oţelurile aliate nu este totuşi atins decît prin utilizarea unor tehnologii moderne de elaborare şi forjare şi după tratamente termice adaptate utilizării. Acestea din urmă comportă o recoacere de detensionare la 700°C după prelucrarea eboşului, o călire la temperatură relativ joasă, urmată de 3 reveniri şi de o recoacere, după rectificare, de 3 - 4 ore, la o temperatură cu 50°C mai mică decît temperatura la care a fost revenit oţelul, pentru a reduce tensiunile produse la rectificare.

4.3.5.4 Oţelurile rapide pentru ştanţare şi ambutisare

Factorii de calitate pentru aceste întrebuinţări sînt destul de asemănători cu cei menţionaţi în cazul sculelor pentru extrudare şi matriţare la rece, adică o combinaţie corespunzătoare a următoarelor proprietăţi:

- o bună rezistenţă la deformare plastică caracterizată printr-o duritate ridicată;

- o tenacitate compatibilă cu duritatea şi determinată, în mare parte, prin compoziţie, printr-o structură micrografică adecvată şi prin tratamente termice potrivite;

- o mare rezistenţă la uzură;

- o deformare minimă la tratamente termice.

O comunicare prezentată de F.Convert şi colaboratorii(18), bazată pe lucrări de laborator,completate printr-un important studiu documentar, aduce asupra acestei probleme informaţii interesante.

Scopul lucrărilor efectuate a fost de a studia influenţa factorilor legaţi de compoziţie chimică, structură şi tratamente termice asupra comportării, în situaţii diferite, a două oţeluri rapide, şi de a le compara cu alte 6 oţeluri aliate de scule, utilizate curent în prelucrările la rece.

Dintre cele două oţeluri rapide încercate, unul este echivalent cu oţelul nostru Rp 5, iar dintre celelalte 6 oţeluri, 3 îşi găsesc corespondenţi în oţelurile româneşti VM 18, C 120, VMoC 120.

Concluziile trase din lucrările experimentale, completate şi confirmate prin studiul documentar, pot fi sintetizate astfel:

A. <u>În domeniul oţelurilor rapide:</u>

1. Prezenţa cobaltului este dăunătoare întrucît reduce tenacitatea şi nu aduce nici o ameliorare asupra comportării la uzură.

2. Rezistenţa la uzură a oţelurilor rapide este influenţată de următorii factori:

- tratamentele superficiale, ca: nitrurarea sau sulfonitrurarea, care ameliorează sensibil rezistenţa la uzură şi reduce coeficientul de frecare şi pericolul de gripare;

- călirea în aer, care este superioară călirii în trepte;[x] aceasta din urmă ameliorează însă, tenacitatea;

3. Tenacitatea pentru o duritate dată este îmbunătăţită:

- aplicînd temperaturi de călire mai joase decît în cazul sculelor de aşchiere; astfel, pentru Rp 5, o călire la 1150°C, în loc de 1200-1230°C;

- călind în aer scula sau aplicînd o călire în trepte;

- efectuînd revenirea la o temperatură superioară cu 20-30°C a vîrfului de duritate a oţelului;

- ameliorînd repartiţia carburilor în cadrul masei de bază printr-un coroiaj suficient, cînd acest lucru nu este posibil prin întrebuinţarea, pentru secţiuni mai mari de oţeluri rapide sinterizate.

Figura 4.49 ilustrează variaţia rezistenţei oţelurilor de tip 6-5-2 în funcţie de repartiţia carburilor pentru două temperaturi diferite de călire.

---

x) călirea succesivă în două băi de săruri, din care prima încălzită la 850°C,cu o menţinere 2 min., iar a doua încălzită la 400°C, cu o menţinere de 3 min, urmată de o răcire în ulei.

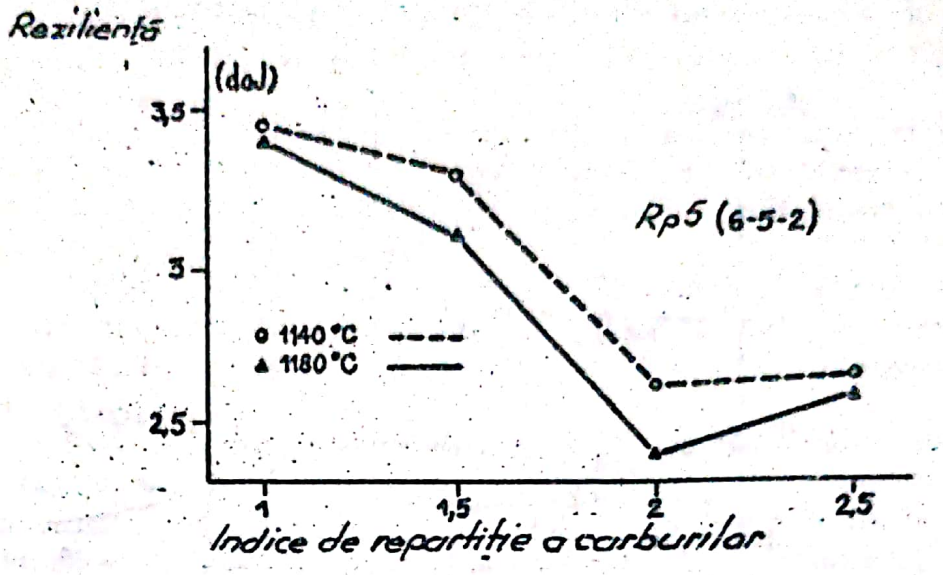


Fig. 4.49 - Energia de rupere pe epruvete Charpy în funcţie de repartiţia carburilor (indicele crescînd marchează o repartiţie din ce în ce mai grosieră) pentru oţelul de tip 6-5-2 (Rp5).

4. Deformarea în timpul tratamentului termic este în toate cazurile redusă prin scăderea temperaturii de călire.

Călirea în aer sau în băi de săruri într-un singur etaj (500°C) reduce deformaţiile, faţă de călirea în ulei.

Călirea dublu etajată reduce deformaţia la jumătate faţă de călirea în ulei sau în băi de săruri într-un singur etaj.

B. Faţă de celelalte 6 oţeluri luate în studiu, oţelurile rapide au o mai bună tenacitate pentru duritäţi de 62 HRC şi peste, după cum arată figura 4.50, care confirmă concluziile precedente (fig. 4.48).

Datorită acestui fapt, este posibil să se utilizeze oţelurile rapide în game de duritäţi mai ridicate, asigurînd o mai bună rezistenţă la uzură a sculelor.

Rezistenţa la uzură a diferitelor oţeluri pentru prelucrări la rece este reprezentată în funcţie de duritatea HRC, în figura 4.51. Această rezistenţă la uzură este definită de autori (18) prin pierderea de masă P în mg/h a unui disc decupat din oţelul încercat, care este rectificat dintr-un oţel OLC 65, normalizat.

Pierderile de greutate prin uzură ale discului în mg/h, ilustrate în figura 4.51, scad cu creşterea durităţii şi permit să se compare comportarea oţelului cu mangan (VM18) cu cea a oţelurilor cu

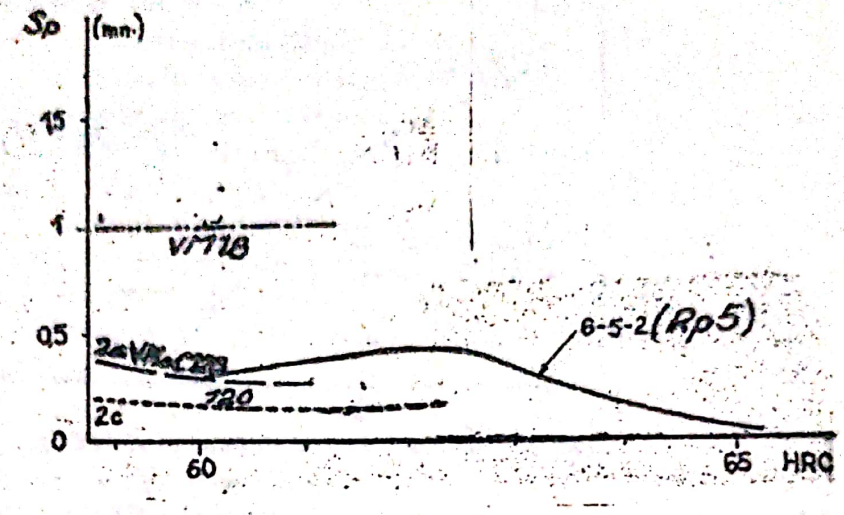


Fig. 4.50. Diagrama comparativă a săgeţii permanente la rupere (Sp), în funcţie de duritate, pentru oţelul rapid de tip 6-5-2 şi pentru două oţeluri cu 12% crom.

12% crom (C 120 şi VMoC 120) şi, respectiv, a oţelului rapid de tip 6-5-2.

Oţelurile cu 12% Cr păstrează o bună rezistenţă la uzură pentru durităţi de ordinul a 59-62 HRC cu o dispersie, totuşi, destul de mare. Peste aceste durităţi, oţelurile prezintă cote de uzură mai reduse, care scad cu creşterea durităţii, oţelul de tip 6-5-2 dovedindu-se mai rezistent decît oţelul rapid cu cobalt studiat.

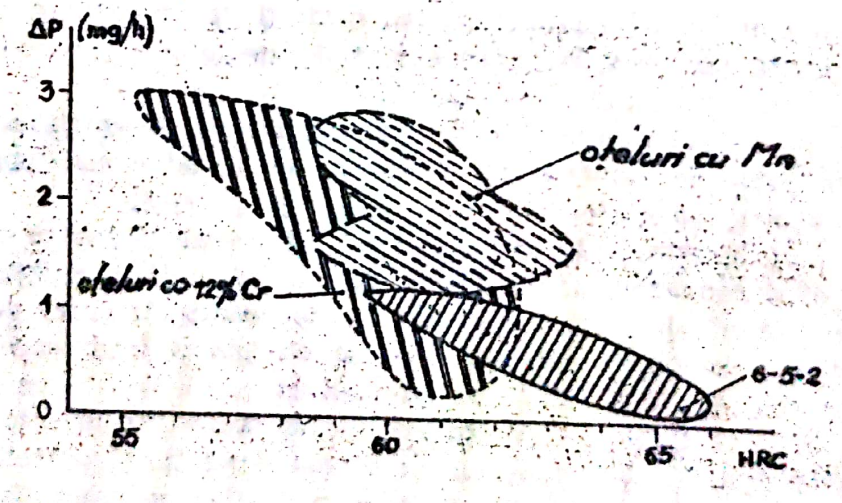


Fig. 4.51. Diagrama comparativă a ratei de uzură în funcţie de duritate la un oţel de tip 6-5-2 şi pentru oţelurile cu 12% crom.

Incercările de uzură, efectuate după diferite moduri de călire a oţelurilor rapide, arată că cele mai bune rezultate se obţin în cazul călirii în aer.

Incercările de uzură descrise şi examinarea altor lucrări permit să se concluzioneze că oţelurile rapide oferă, în general, o rezistenţă la uzură cel puţin comparativă şi,adesea, mult superioară aceleia a oţelurilor cu 12% crom.

Deformaţiile ce apar în timpul tratamentului termic nu pot fi reduse printr-o scădere a temperaturii de austenitizare cu încălzirea lentă a piesei de tratat. Călirea dublă etajată este, de asemenea, favorabilă.

Prin comparaţie cu oţelurile cu 12% crom, deformarea oţelurilor rapide este, de regulă, mult superioară. Diverse lucrări au demonstrat, totuşi,că deformarea oţelurilor rapide poate fi redusă prin disciplină extremă la elaborare , deformare şi tratare termică (42, 43).

In concluzie, sintetizînd rezultă următoarele:

Dacă în acest domeniu de utilizare se impune întrebuinţarea unui oţel rapid, alegerea se va opri, în primul rînd, asupra mărcii de oţel Rp 5; oţelul Rp 10 dă rezultate comparabile, în condiţii mai economice.

Scanned with OKEN Scanner

Bibliotecă Personală
Nr.
MANTALE C-TIN.

CAPITOLUL V

RECOMANDARI FINALE

Gama mărcilor de oţeluri tipizate pentru scule este foarte extinsă din punct de vedere al compoziţiei chimice, mergînd de la oţeluri carbon la oţeluri înalt aliate, care conţin peste 50% elemente de aliere. Evident că, în aceste condiţii, proprietăţile de întrebuinţare şi tehnologice, cît şi preţul de achiziţionare al oţelurilor de scule variază mult de la o marcă la alta, ceea ce impune ca, la alegere, să se ţină seama, în primul rînd, de preţul de revenire al sculelor.

In mod deosebit, la scule, mai pregnant decît în cazul celorlalte utilizări ale oţelurilor, preţul de revenire capătă un caracter mai complex. A decide alegerea între o marcă de oţel sau alta, bazat numai pe preţul de achiziţionare al oţelurilor necesare şi pe cheltuielile de fabricaţie a sculei, constituie o gravă eroare economică, întrucît, în cazul sculelor, mult mai accentuat decît în alte cazuri, economicitatea utilizării oţelurilor depinde, în cel mai înalt grad, de durabilitatea sculei şi de cheltuielile necesare pentru efectuarea eventualelor remedieri ale părţii sale active de lucru, efectuate pe parcursul exploatării. Această afirmaţie este convingător susţinută de următorul exemplu, în care se prezintă comparativ două soluţii pentru o aceeaşi situaţie:

In primul caz, o matriţă confecţionată dintr-un oţel aliat de scule, elaborat în condiţii normale, executată prin tehnici de prelucrare uzuale şi căreia i s-au aplicat tratamente termice clasice, a costat 150.000 lei. In exploatare, folosită în condiţii corecte şi cheltuindu-se 50.000 lei pentru regravarea cavităţii de lucru, cu matriţa în cauză s-au putut matriţa - pînă la scoaterea sa din uz - 523 piese. Din datele de mai sus rezultă că, repartizate pe fiecare piesă matriţată, cheltuielile legate de matriţă au reprezentat 382,40 lei.

In al doilea caz, aceeaşi matriţă confecţionată dintr-un oţel de scule mai performant, atît datorită compoziţiei sale chimice, cît şi procedeului de elaborare folosit, a fost executată prin tehnici moderne de prelucrare şi i s-a aplicat un tratament special pentru durificarea suprafeţei cavităţii sale de lucru. In aceste condiţii, matriţa a

costat 250.000 lei, iar cheltuielile pentru regravarea şi retratarea cavităţii pe parcursul exploatării s-au ridicat la 75.000 lei. Pînă la scoaterea sa din uz, cu matriţa în cauză s-au forjat, de această dată, 2259 piese, revenind pe fiecare piesă 143,90 lei cheltuieli materiale legate de matriţă.

In concluzie, rezultă că cea de-a doua matriţă, deşi costă cu 125.000 lei mai mult (62,5%), se dovedeşte de 2,66 ori mai eficientă.

Exemplul dat arată cît se poate de clar că, în cazul sculelor, preţul de revenire al oţelurilor şi al sculelor trebuie înţeles în ansamblul său: oţel, operaţii de prelucrare şi remediere, durată; în acest domeniu, de foarte multe ori, o sculă, care costă mai mult din punct de vedere al preţului de achiziţionare a oţelului şi de fabricaţie a sculei, se dovedeşte sensibil mai economică decît o alta care costă mai puţin, dar care are o durabilitate simţitor mai redusă.

Durabilitatea, proprietate fundamentală în cazul oţelurilor de scule, depinde de numeroşi factori care intervin pe întregul ciclu de elaborare a oţelului, execuţie a sculei şi folosire a sa. Condiţiile care trebuie să se asigure de-a lungul acestui ciclu, pentru a se asigura un nivel cît mai ridicat al durabilităţii, sînt utmătoarele:

- <u>pe planul elaborării oţelurilor (în industria siderurgică):</u>

. puritate chimică ridicată, ceea ce asigură o fineţe mai ridicată a grăunţilor şi, în consecinţă, o pătrundere mai mică la călire şi o mai redusă sensibilitate la supraîncălzire;

. precizia compoziţiei chimice, ceea ce atrage după sine o constanţă în comportare atît în cursul tratării termice, cît şi al exploatării;

. absenţa defectelor fizice prin care se exclude orice scoatere prematură din uz a sculei;

. nivel ridicat de puritate incluzionară şi, deci, o mai bună comportare la oboseală şi şocuri de natură mecanică.

- <u>pe planul executării sculelor (în industria prelucrătoare de scule):</u>

. configuraţie geometrică corespunzătoare, prin care se evită vîrfurile locale de tensiune, care pot produce fisurări în timpul efectuării tratamentului termic sau al lucrului cu ea;

. corectitudinea tratamentelor termice aplicate, importante atît sub aspectul evitării apariţiei unor defecte, cît şi al obţinerii proprietăţilor necesare;

. tehnicile de prelucrare folosite, care trebuie să asigure o calitate ireproşabilă a suprafeţelor, mai ales în zona activă a sculei;

. control riguros în toate fazele de fabricaţie.

Scanned with OKEN Scanner

- pe planul folosirii corecte de către utilizatori:

. montare corectă a sculei, pentru a nu introduce eforturi accidentale, care să producă deteriorarea sculei;

. evitarea începerii lucrului cu o sculă rece, nepreîncălzită, în cazul operaţiilor de prelucrare la cald;

. răcirea corectă a sculei în timpul lucrului, pentru a evita supraîncălzirea şi decălirea.

Referitor la aceste probleme se pot face următoarele recomandări:

- forma şi dimensiunile sculei trebuie, de fiecare dată să fie astfel stabilite, încît să se evite atît subdimensionările, cît şi supradimensionările, precum şi prezenţa cauzelor care pot favoriza concentrarea excesivă a tensiunilor în serviciu sau pot face dificil tratamentul termic; sculele masive sau de forme complicate trebuie călite în aer sau în trepte pentru a micşora riscul de deformare sau fisurare;

- la stabilirea dimensiunilor barelor sau blocurilor brute, se vor prevedea adaosuri de prelucrare suficiente pentru a asigura pe scula finită absenţa decarburărilor sau a defectelor superficiale, ţinînd seama că decarburări pot apare şi în urma tratării termice a sculei;

- tratamentul termic final va fi precedat de un tratament de eliminare a tensiunilor interne, ce s-au dezvoltat în timpul operaţiilor de prelucrare sau al eventualelor dresări;

- încălzirea pentru călire trebuie făcută progresiv; este interzisă introducerea într-un cuptor încălzit a piesei reci; în cazul pieselor masive, în timpul încălzirii, se va prevedea un palier de menţinere la 550 - 600°C, iar, dacă temperatura de călire este mai mare decît 900°C, şi un al doilea palier la 750 - 800°C.

- dacă nu se dispune de cuptoare de încălzire sub vid, în atmosferă controlată sau protectoare şi/sau de băi de săruri topite, piesele se vor încălzi în forme umplute cu pilitură, şpan de fontă sau cărbune de lemn, în cuptoare clasice;

- egalizarea temperaturii în întreaga masă a sculei constituie un imperativ; în acest scop, din momentul în care suprafaţa sculei de tratat a atins temperatura vizată, piesa se va menţine la temperatura respectivă cîte 2 minute pentru fiecare mm de grosime sau diametru al secţiunii utile;

- în timpul călirii, dacă se foloseşte un mediu de călire cald, piesa se va scoate din baie cînd ea a atins temperatura mediului (acesta este cazul băilor cu săruri topite sau al uleiului cald); cînd călirea se face într-un mediu rece, piesa nu va fi lăsată să se răcească sub 50 - 60°C şi apoi ea se va introduce în cuptorul de revenire,

uşor încălzit, şi se ... vol.1, ASM 1963. nivelul dorit; temperatura de revenire se high hardness, high sneere în cazul temperaturilor mai mici de 525°C şi cel puţin 1 oră pentru cele mai mari; sculele, care în timpul lucrului suferă încălziri, vor fi revenite la temperaturi superioare celor de lucru;

- este interzisă rectificarea sculelor în stare călită; această operaţie se efectuează după aplicarea unui tratament de detensionare; compoziţia chimică a oţelului şi nivelul durităţii sculei impun ca operaţia de rectificare să se efectueze cu respectarea unor reguli foarte riguroase, referitoare la piatra abrazivă folosită, şi la condiţiile în care se efectuează rectificarea.

- în majoritatea cazurilor, scula nu este decît o componentă a unui ansamblu mai complex din care fac parte: maşină-unealtă, presă, foarfece, laminor etc; în aceste condiţii, funcţionarea corectă a ansamblului constituie o cerinţă fundamentală pentru o bună comportare în serviciu a sculei.

In încheiere, doresc să subliniez, încă o dată, importanţa mereu crescîndă pe care o au oţelurile rapide de scule aliate cu molibden. Dificultăţile întîmpinate la efectuarea tratamentelor termice, în cazul acestor oţeluri, este pe deplin compensată de multiple avantaje pe care la prezintă sculele din aceste oţeluri atît în ceea ce priveşte randamentul, cît şi durabilitatea lor. Cu atît mai mult este de neînţeles reţinerea multor tehnologi constructori de maşini în faţa utilizării acestor oţeluri şi atitudinea lor conservatoare, de preferinţă pentru oţelul clasic 18-0-1, de mult abandonat în ţările cu industrie avansată.

Scanned with OKEN Scanner

...anul folosirii corecte de ...

REFERINTE BIBLIOGRAFICE

1. A.Constantinescu şi colab. Indreptar de fonte şi oţeluri, Ed.Tehnică, Bucureşti 1969.
2. A.Constantinescu şi N.Lascu-Simion: Oţeluri pentru construcţii mecanice, OID-M.A.C.F., Bucureşti 1983.
3. T.Dulămiţă: Alegerea şi tratamentul termic al oţelurilor de scule, Ed.Tehnică, Bucureşti 1963.
4. A.Rabey: Bases de choix des aciers à outils, OTUA, Paris 1979.
5. Steel products manual. AISI 1976.
6. G.Pompey şi P.Rabbe: Ruptures de fatigue des pièces de machine - Ed. Dunod, Paris 1968.
7. Glossaire du traitement thermique, PYC Edition, Paris 1976.
8. D.Rousseau: Etats de surface et durée de vie des outillages, Aciers spéciaux nr.39/1977.
9. K.E.Thelning:Härterei Technische Mitteilungen nr.25-4-1970.
10. B.S.Lement: Distorsion în tool steels, ASM 1959.
11. Atlas des courbes de transformations des aciers de fabrication française, IRSID 1974.
12. L.Colombier: Les aciers à outils et leur traitement thermique,PYC Edition, Paris 1971.
13. E. Haberling şi H.H.Weigand: Optimization of the chemical composition of high speed steels - Colocviul int. de la St.Etienne 1975.
14. W. Haufe: Schnellstähle und ihre Wärmebehandlung, Carl Heuser Verlag, München 1972.
15. P.Heimann şi H. Wisell: Effects of structures on toughness and grindability of high speed steels, Colocviul int. de la St.Etienne 1975.
16. A.Badard şi colab: Les aciers rapides utilisés dans les opérations de travail à froid, Colocviul int. de la St. Etienne 1975.
17. L.Rademacher şi H.W.Müller: Longevité d'outils en aciers rapides 6-5-2, Colocviul int. de la St.Etienne 1975.
18. F.Convert şi colab: Propriétés d'emploi des aciers à coupe rapide en vue de leur utilisations dans les opérations de découpage et d'emboutissage, Colocviul int. de la St. Etienne 1975.
19. A.Silberstein: Critères de choix et propriétés d'emploi des aciers rapides, SPAS 1970.
20. R.Leveque:Les aciers à outils indéformables, Aciers spéciaux nr. 37/1977.
21. G.Murry:Pourquoi traiter les aciers à froid, Journée technique ATTT, martie 1978.

22. Metals Handbook: vol.1, ASM 1963.
23. T.Berry: High performance, high hardness, high speed steels, Greenwich USA, Climax Molybdenum Co 1970.
24. The Tool Steel Trouble-Shooter, Bethlehem Steel Co USA.
25. A.Badard: La décarburation des aciers à outils, Traitement Thermique nr.122/1978.
26. G.Henry şi colab: Microfractographie (2 vol.), Ed. Métaux 1970.
27. G.Murry şi Namdar: Rev. de Métallurgie nr.7-8/1970.
28. Iu.Gheller: Instrumentalnîe stali, Ed.Metallurghizdat, Moscova 1961.
29. Spravocinik po maşinosttroitelnîm materialam. Ed.Masghiz, Moscova 1959.
30. Stahlberatungsstelle - Qualität und Edelstahle der DDR, Leipzig 1966.
31. R.W.Cahn: Phisical Metallurgy, North Holland publ. Co.1970.
32. R.Leveque: Rev.trait. thermique nr.125/1978.
33. L.Colombier şi J.Hochmann: Aciers inoxydables et réfractaires, Ed.Dunod , Paris 1965.
34. D.Rousseau: Journée d'étude de nouvelles normes des aciers à outils, Publ. SPAS 1970.
35. B.Fredriksson: Optimization of tempering time, Colocviul int. de la St.Etienne 1975
36. M.Cohen şi P.Koh: The tempering of high speed steel, Trans ASM 27.
37. D.Rousseau: Le cobalt dans les aciers à outils, Aciers spéciaux nr.24/1973.
38. J.Pomey: Etude générale des aciers à coupe rapide - GR.RNUR 1960, citat de R.Greciet şi alţii la Colocviul int. de la St.Etienne 1975.
39. P.Mathon: Déterminations des critères d'usinabilité des métaux et alliages par une méthode rapide, CR part DGRST 1971.
40. C.Elghozi şi G.Cano: Aciers spéciaux nr.28/1974.
41. T.B.Smith şi N.H.Mc.Brown: High speed for cold forming, Iron and Steel, Special Issue 1968.
42. O.Jacura: Aciers spéciaux à déformation contrôlée, Aciers spéciaux nr.30/1975.
43. M.Massiu: Le rôle des carbures dans la déformation à la trempe des aciers rapides, Mem.scient.Rev.Mét.nr.21/1971.

Scanned with OKEN Scanner

Redactor: MIHAELA BURCEA
Corectura: ELENA ION
ANA COJOCARU
Prezentare grafică: PETRE VELNITA

Lucrare executată în atelierul de multiplicare al Oficiului de informare documentară pentru aprovizionarea tehnico-materială și controlul gospodăririi fondurilor fixe

București, Str.Nuferilor nr. 24, Sectorul 1

Scanned with OKEN Scanner